

Methoden zur Ableitung und Parametrisierung von flächenbezogenen Profil- und Horizontdaten

-

Am Beispiel der Bodenübersichtskarte
des Landes Brandenburg im Maßstab 1:300 000

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades doctor rerum agriculturalum (Dr. rer. agr.)

eingereicht an der

Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät

der Humboldt-Universität zu Berlin

von

Albrecht Bauriegel

21.2.1967 in Neustadt a. d. Orla

Präsident

der Humboldt-Universität zu Berlin:

Prof. Dr. Jürgen Mlynek

Dekan der

Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät:

Prof. Dr. Uwe-Jens Nagel

Gutachter: 1. Prof. Dr. Jutta Zeitz

2. Prof. Dr. Rolf Schmidt

3. Dr. Dieter Kühn

Tag der mündlichen Prüfung: 10.12.2004

Abstract (deutsch)

Das Ziel dieser Arbeit besteht in der Entwicklung und Realisierung einer regelbasierten Ableitungsmethode zur Parametrisierung von flächenbezogenen bodenkundlichen Profil- und Horizontdaten mit beschreibenden und stofflichen Kennwerten. Als Zieldatensatz dient die Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg im Maßstab 1:300 000. Die Arbeit beinhaltet neben der eigentlichen Methodenentwicklung eine eingehende Bewertung der zu parametrisierenden Zieldaten (Flächendatenanalyse) und der genutzten Eingangsdaten (Punktdatenanalyse). Aus der Flächendatenanalyse leitet sich eine Auswahl von 291 Flächenbodenformen ab. Sie bilden das Inventar eines Flächenbodenformenarchivs. Innerhalb der Flächendatenanalyse werden methodischen Kennwerten zur Klärung des inhaltlichen Spektrums dienen (Verbreitungsgrad, Strukturtypen). In der Punktdatenanalyse erfolgt anhand von Mindestdatensatzkriterien die Evaluierung der verschiedenen punktbezogenen Eingangsdatenquellen in ihrer Qualität und Quantität. Innerhalb der Ableitungsmethode kommt der Horizontebene eine zentrale Bedeutung zu. In dieser Ebene erfolgt die Verknüpfung zwischen Eingangs- und Zieldatensatz. Es werden methodische Regeln zur Transformation, Harmonisierung Generalisierung und Aggregation der Daten in ein einheitliches systematisches Kennzeichnungsprinzip definiert. Unter Nutzung des methodischen Ansatzes der Horizont-Substrat-Kombination lassen für die Flächenbodenformen mittlere Parameterwerte ableiten, die auf Wertekollektiven beruhen. Die ermittelten Parameterwerte werden hinsichtlich ihrer Ableitungssicherheit über ein entworfenes vierstufiges Klassifikationsschema bewertet .

Im Ergebnis liegt erstmals eine Methode zur Parametrisierung von flächenbeschreibenden Profil- und Horizontdaten vor, die eine Bewertung der Ableitungssicherheit mit einschließt. Die Methodenergebnisse sind in einem Katalog von parametrisierten Flächenbodenformen (Bodenformenarchiv) dokumentiert. Damit ist ein wesentliche Voraussetzung für die Anwendung von bodenkundlichen Auswertemethoden geschaffen.

Schlüsselwörter: Böden, Brandenburg, Flächendaten, Flächenbodenform, Parametrisierung, Ableitungssicherheit

Abstract (deutsch)

The present thesis aims at development and implementation of a rule-based derivation method for a parameterization of area related pedological soil and horizon data with diagnostic and material parameters. A soil map of the state of Brandenburg in a scale of 1:300 000 is used as a target data record. Beside the development of said method, the present thesis includes a detailed evaluation of the target data (analysis of spatial data) to be parameterised, as well as the original data (analysis of point data) which is used. An assortment of 291 different area related soilforms is derived from the analysis of spatial data. They form the inventory of an archive of area related soilforms. Within the analysis of spatial data a set of methodical parameters will clarify the spectrum as regards content (rate of extension, soil patterns). Within the analysis of point data the different point related original data sources are evaluated with respect to their quality and quantity with criteria of minimum data records. The horizon plane is of special importance to the derivation method. The link between original and target datasets takes place in this plane. Methodical rules are defined for the transformation, harmonization, generalization and aggregation of the data into a standard marking principle. Using the methodic approach of the horizon-substratum-combination average parameter-values for the area related soilforms can be derived, wherein the parameter-values are based on value-collectives. The determined parameters are evaluated with respect to their derivative reliability by means of a developed four-stage classification scheme.

As a result, for the first time a method for the parameterization of area describing soil and horizon data is available, which includes an evaluation of the average derivative reliability. The results of the method are documented in a catalogue of parameterized area related soil forms (soilform archive). Thus, a substantial precondition is provided for the use of a variety of pedological evaluation methods.

Keywords: soils, Brandenburg, spatial datas, area related soil, parameterization, average derivative reliability

I Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Stand des Wissens	3
2.1 Bodenkundliche Regionalisierungsverfahren	3
2.2 Begriffsbestimmungen	6
2.2.1 Zum Begriff der Flächenbodenform	6
2.2.2 Begriffsdefinitionen zu flächenbezogenen Bodenformen	7
2.2.3 Abgrenzung zwischen den Begrifflichkeiten	9
2.3 Kurzbeschreibung von methodischen Varianten zur Kennzeichnung oder Ableitung von flächenbezogenen profilbeschreibenden Daten	10
2.3.1 Leitprofile	10
2.3.2 Haupt- und Lokalbodenformen	10
2.3.3 Musterprofile (Bodenschätzung)	11
2.3.4 Räumliche Verknüpfung von Punkt- und Flächeninformationen	12
2.3.5 Inhaltliche Verknüpfung von Punkt- und Flächeninformationen	15
2.3.6 Ansatz Horizont-Substrat-Kombination (HSK)	17
3 Flächendatenanalyse	19
3.1 Methodische und inhaltliche Grundlagen zur BÜK 300 des Landes Brandenburg	20
3.2 Analyse von Struktur und Spektrum der Flächendaten	24
3.2.1 Analyse der Substratgeneseeflächentypen	24
3.2.1.1 Harmoniewerte und Harmonieschranken	26
3.2.2 Analyse auf Basis der Substrat- und Pedogeneseeflächentypen	30
3.2.3 Analyse der Blattlegendeneinheiten	34
3.2.3.1 Relatives Flächengewicht und Verbreitungsgrade	36
3.2.4 Inhaltliche Heterogenitätsmuster von Blattlegendeneinheiten (Strukturtypen)	41
3.3 Analyse Spektrum Flächenbodenformen	46
3.3.1 Struktur und Umfang der Flächenbodenformeninventare	46
3.3.2 Verbreitungsgrade der Flächenbodenformen	48
3.3.3 Vergleich mit anderen Flächenbodenformeninventaren	50
3.4 Zusammenfassung Flächendatenanalyse	52
4 Punktdatenanalyse	54
4.1 Datenquellen, Datenqualitäten, Datentransformation der Punktdaten	54
4.1.1 Allgemeine Anforderungen an Punktdaten	54
4.1.2 Mindestdatensätze	55
4.2 Datenquellen und Datenqualitäten der Brandenburg-Daten	58
4.2.1 Herkunft und Umfang	58

4.2.2 Mindestanforderungen an profil- und horizontbeschreibende Daten	61
4.2.3 Mindestanforderungen an Analysedaten	64
4.3 Inhaltliches Spektrum der Punktdaten	66
4.4 Bewertung und Diskussion der Datenquellen und -qualitäten	71
5 Horizont-Substrat-Kombination - Methodenentwicklung	75
5.1 Methodischer Ansatz	75
5.2 Methodenschritte zur Datenvorbereitung	76
5.2.1 Recherche und Segmentierung (Schritt 1)	76
5.2.2 Datentransformation und Datenharmonisierung (Schritt 2)	76
5.2.3 Plausibilitätsprüfung (Schritt 3)	79
5.2.4 Rolle von Wertigkeitsfaktoren	82
5.3 Inhaltliche Generalisierung und Aggregation	84
5.3.1 Ebene Profilkennzeichnung	85
5.3.1.1 Nutzungstypen	85
5.3.1.2 Schichtungstyp	86
5.3.2 Ebene Horizontkennzeichnung	87
5.3.2.1 Horizont-Substrat-Gruppen	91
5.3.2.2 Generalisierungsvarianten	92
5.3.2.3 Generalisierungsergebnisse	93
Kriterium 1: Reduzierung der Varianten an Horizont-Substrat-Kombinationen	93
Kriterium 2: Erhöhung der mittleren Belegungsdichte der HSK	94
Kriterium 3: Anzahl von Horizont-Substrat-Kombinationen mit $n > 20$	95
Kriterium 4: Kennzeichnungsverhältnis Horizont/Substrat (Informationsverlust)	95
Kriterium 5: Verknüpfungserfolg	96
5.3.2.4 Flächenhorizont	97
5.4 Ableitungsregeln für Horizont-Substrat-Kombinationen (HSK _Z)	98
5.4.1 Allgemeine Ableitungsregeln	98
5.4.2 Spezielle Ableitungsregeln	99
5.4.2.1 Horizontgrenzen und Horizontmächtigkeiten	99
5.4.2.2 Ableitungsregeln für stoffliche Eigenschaften der Horizont-Substrat-Kombinationen	102
5.4.2.3 Ableitungsregeln für Horizont-Substrat-Kombinationen ohne Punktdatenhintergrund	104
5.4.3 Horizont-Substrat-Abfolgen (HSA), Bodenformenbeschrieb	104
6 Ableitungsergebnisse - Bewertung und Diskussion	106
6.1 Ableitungsebene Horizontbezug	106
6.1.1 Horizontbezogener Ableitungsumfang	109

6.1.2 Parameterbezogene Ableitungssicherheit	110
6.2 Ableitungsebene Profilbezug	116
6.2.1 Profilbezogener Ableitungsumfang	116
6.2.2 Profilbezogene Ableitungssicherheit	118
6.3 Ableitungsebene Arealbezug	126
6.3.1 Arealbezogener Ableitungsumfang	126
6.3.2 Arealbezogene Ableitungssicherheit	130
6.4 Zusammenfassende Diskussion	133
7 Zusammenfassung	137
8 Summery	139
9 Literaturverzeichnis	141

Anlagen

Lebenslauf

Selbstständigkeitserklärung

Die letzte Seite

Anhang

II Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht zu den Verhältniswerten der einzelnen Kenngrößen.....	29
Tabelle 2 : Bewertung der Verbreitungsgrade (V [GLE]) für das relative Flächengewicht (FG% [GLE])	38
Tabelle 3: Strukturtypen von Blattlegendeneinheiten , normierter Deckungsgrad (Dn), normierte Frequenz, normierter Generallegendenanteil (X_{nGLE})	45
Tabelle 4: Gegenüberstellung der Umfänge von legendenbeschreibenden Bodenformen zur Bodenübersichtskarte 1:200 000 (BÜK 200), Flächendatenbank im Fachinformationssystem Bodenkunde der BGR (FISBo BGR), Bearbeitungsstand 12/2002 (KRUG 2002), n [KE]=Anzahl an Kartiereinheiten, \tilde{x}_A [KE] =Median der Flächengröße, ΣA [KE]=Gesamtfläche, n [BLE]=Anzahl an Blattlegendeneinheiten, n [FBF(mD)]=Anzahl an FBF mit Dublikaten, n [FBF(oD)]=Anzahl an FBF ohne Dublikate, \bar{D} [FBF] =mittlerer Deckungsgrad einer FBF, $\bar{D}_{\%}$ [FBF] = relativer Deckungsgrad einer FBF, $n_{\bar{D}}$ [FBF] =auf den mittleren Deckungsgrad normierte Anzahl an FBF, \bar{F} [FBF] =mittlere Frequenz einer FBF, $\bar{F}_{\%}$ [FBF] =relative Frequenz einer FBF, $n_{\bar{F}}$ [FBF] =auf die mittlere Frequenz normierte Anzahl an FBF, hinterlegte Werte entsprechen jeweils den höchsten Werten	51
Tabelle 5: Empfohlener Datenumfang i.S. eines Mindestdatensatzes für beschreibende Profil- und Horizontdaten nach KA5 (AG Boden 2004).....	56
Tabelle 6: Übersicht zur Herkunft der Fremddatenbestände.....	59
Tabelle 7: Übersicht zur Herkunft der Altdatenbestände	60
Tabelle 8: Übersicht zum Umfang der digital verfügbaren Punktdatenquellen (Eingangsdaten)	61
Tabelle 9: Verfügbarkeit von Mindestdatensätzen (i.S. KA5 (AG BODEN 2004) beschreibende Profil- und Horizontdaten) in regionalen Datenbeständen Brandenburgs, x = direkte Merkmalsangabe, (x) = indirekte Merkmalsangabe	63
Tabelle 10: Verfügbarkeit von Mindestdatensätzen (analysierte Horizontdaten) in regionalen Datenbeständen Brandenburgs (Stand 05/2004).....	65
Tabelle 11: Absolute und relative (%) Anzahl von beschreibenden (n(bHSE)) und analysierten (n(aHSE)) Horizontdaten sowie absolute und relative (%) Anzahl von identischen systematischen Kennzeichnungsvarianten, jeweils bezogen auf die Substratgeneseflächentypen (SGFT).....	70
Tabelle 12: Anteil (%) der einzelnen Datenquellen am Eingangsdatenbestand (ED) für die Profildaten (PBF%), die beschreibenden Horizont-Substrat-Kombinationen (bHSE%) sowie die analysierten Horizont-Substrat-Kombinationen (aHSE%) mit ihren parameterbezogenen Anteilen, hinterlegte Werte entsprechen den höchsten Anteilen	72
Tabelle 13: Eingangsdatenquellen mit ihrer anteiligen Ausstattung an beschreibenden und stofflichen Parametern, hinterlegte Werte entsprechen den höchsten Anteilen	73
Tabelle 14: Einflussgrößen zur Plausibilitätsprüfung	82
Tabelle 15: Einflussgrößen für Wertigkeitsfaktoren	83
Tabelle 16: Wertigkeiten der Datenbestände (Wertigkeitsfaktoren), eingebundene Datenbestände sind hinterlegt.....	84
Tabelle 17: Generalisierungsvarianten (Beispiel)	92
Tabelle 18: Beispiel für den Datenhintergrund zur Ableitung von tiefenbezogenen Angaben zur Horizont-Substrat-Abfolge einer Flächenbodenform (LF-BB:p-ls(Sp)/g-el(Mg)).....	105
Tabelle 19: Klassifizierung der Ableitungssicherheiten, \tilde{x}_{vm} = Median der parameterbezogenen Variationskoeffizienten, $Qv1=1$.Quartil, $Qv3=3$.Quartil, I_{vm} =Interquartilabstand des \tilde{x}_{vm}	113
Tabelle 20: Mediane der Variationskoeffizienten für die Kornfraktionen (\tilde{x}_{vm}) innerhalb der Bodenartenhauptgruppen	114
Tabelle 21: Parameterbezogene Gruppenmittelwerte und t-Werte für die 4-Gruppen-Clusterlösung	115
Tabelle 22: Variationskoeffizienten (V_m) für die Parameter einer Horizont-Substrat-Abfolge (oben) und deren verbale Klassifizierung (unten), Klassifizierungsgrenzen	123

III Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Hierarchischer Aufbau der Bodenschätzung (nach PFEIFFER et al. 2003; verändert)	12
Abbildung 2: Maßstabsbezogene Abhängigkeit der Flächenrepräsentativität von Punktbodenformen (nach KÜHN 1996)	13
Abbildung 3: Ergebnis der räumlichen Verknüpfung zwischen Punkt- und Flächeninformationen, Basis BÜK 300 Brandenburg; links Flächen mit Profildaten, rechts Flächen mit analysenbelegten Profildaten (Stand 04/04).....	14
Abbildung 4: Datendichten bei einer räumlichen Verknüpfung von Punkt- und Flächeninformationen bezogen auf die Flächendatensätze zur BÜK 300 (links) und BÜK 1000 (rechts).....	15
Abbildung 5: Datendichten bei einer räumlichen Verknüpfung von Punkt- und Flächeninformationen bezogen auf die Flächendatensätze zur BÜK 300 (links) und BÜK 1000 (rechts).....	15
Abbildung 6: Sortierte Häufigkeitsverteilung von systematisch identisch gekennzeichneten Punktbodenformen in den Punktdatenbanken des LGRB (PBFa = Ausgangsdaten), von generalisierten Punktdaten (PBFg) und von mit den Zieldaten (FBF) verknüpfbaren Punktdaten (PBFg-FBF).....	16
Abbildung 7: Theoretische (sortierte) Häufigkeit von Flächenbodenformen im Gesamtflächeninventar der BÜK 300 des Landes Brandenburg	17
Abbildung 8: Methodischer Ansatz der Horizont-Substrat-Kombination (HSK)	18
Abbildung 9: Inhaltliche Niveaus der Flächendaten am Beispiel der BÜK 300 für das Land Brandenburg	20
Abbildung 10: Vereinfachte Datenstruktur der Flächendaten	21
Abbildung 11: Modifizierung und Gruppierung der Substratgenesen nach KA4 (AG BODEN 1994) zu Substratgeneseflächentypen für die Kennzeichnung der Flächendaten des LGRB	22
Abbildung 12: Zuordnungsstufen zur Bildung der Generallegendeneinheiten (Zuordnungsbeispiel)	23
Abbildung 13: Gegenüberstellung der Kennwerte relative Frequenz ($F_{\%}$ [SGFT]), relativer Deckungsgrad ($D_{\%}$ [SGFT]) und relativer Generallegendenanteil ($x_{GLE\%}$ [SGFT]) bezogen auf die Substratgeneseflächentypen [SGFT]	25
Abbildung 14: Abweichung (%) der Mediane der Flächengrößen der Substratgeneseflächentypen bezogen auf den Median der Flächengröße des Gesamtdatenbestandes der BÜK 300 Brandenburg ($n_{KE} = 14295$)	26
Abbildung 15: Relative Verhältnisse zwischen den Analysekr iterien bezogen auf die Substratgeneseflächentypen, Harmonielinie bei 0, ermittelte Harmonieschranken bei $H_S = -0,17$ bzw. bei $H_{+S} = 0,17$	29
Abbildung 16: Anzahl von Substratflächen (SFT)- und Pedogeneseflächentypen (PFT) innerhalb der einzelnen Substratgeneseflächentypen (SGFT)	31
Abbildung 17: (links) Quotient H_{SG} aus Substratflächentyp (SFT) und Pedogeneseflächentyp (PFT) innerhalb der Substratgeneseflächentypen;.....	33
Abbildung 18: sortierte Verteilung der Flächengewichte der Generallegendeneinheiten ($FG\%$ [GLE]), blaue Linie = metrische Skalierung, grüne Linie = logarithmische Skalierung; rot = Median des Flächengewichtes	37
Abbildung 19: Anteile (%) an Generallegendeneinheiten und Summen der Deckungsgrade bezogen auf die Verbreitungsgrade	37
Abbildung 20: Methodischer Ablauf der Zusammenfassung von SFT und PFT zu Generallegendeneinheiten sowie zu Blattlegendeneinheiten am Beispiel der Legendeneinheit 54 (fett umrandet) zur BÜK 300 des Landes Brandenburg (Teil 1)	40
Abbildung 21: Methodischer Ablauf der Zusammenfassung von Generallegendeneinheiten zu Blattlegendeneinheiten am Beispiel der Legendeneinheit 54 zur BÜK 300 des Landes Brandenburg (Teil 2)	41
Abbildung 22: Beispiele für Verhältnisse von relativen (links) bzw. normierten (rechts) blattlegendenbezogenen Kennwerten (D , F und x_{GLE}); die roten Linien markieren die Medianwerte für die Kennwerte $\tilde{x}_{D\%}$ [BLE] = 0,5 %, $\tilde{x}_{F\%}$ [BLE] = 0,64 %, $\tilde{x}_{GLE\%}$ [BLE] = 0,77 % bezogen auf den Gesamtdatenbestand.....	43

Abbildung 23: Exemplarische „Aufspaltung“ einer legendenbeschreibenden Bodenform (hier BLE 54) in theoretische Flächenbodenformen.....	46
Abbildung 24: Beispiel für theoretische und reduzierte Flächenbodenformeninventare der Blattlegendeneinheiten	47
Abbildung 25: Verknüpfung von Flächenbodenformenarchiv und Zieldatensatz (BÜK 300).....	48
Abbildung 26: Anteile (%) und Summen der Flächengewichte (%) der Flächenbodenformen zur BÜK 300 bezogen auf die Verbreitungsgrade	49
Abbildung 27: Gegenüberstellung von relativen Deckungsgrad ($D_{\%}$), relativer Frequenz ($F_{\%}$), relativer Generallegendenanteil ($x_{GLE\%}$) und relativen Flächenbodenformenanteil ($x_{FBF\%}$) jeweils bezogen auf die Substratgeneseeflächentypen (SGFT).....	50
Abbildung 28: Anzahl von Nennungen als Eingangsparameter innerhalb der bodenkundlichen Auswertungsmethoden, hinterlegte Balken entsprechen dem Spektrum für stoffliche Parameter	57
Abbildung 29: Räumliche Verteilung der verfügbaren Punktdaten (Eingangsdaten)	61
Abbildung 30: Verfügbarer Punktdatenumfang im Kennzeichnungsstandard KA4 (AG BODEN 1994)	64
Abbildung 31: Klassenbezogene Häufigkeit von systematisch identischen Kennzeichnungsvarianten für die Profil- (PBF) und die Horizontebene (HSK _E) innerhalb der originären Eingangsdaten.....	67
Abbildung 32: Häufigkeiten der Zeichenkettenlängen von Horizontbezeichnungen in den Eingangsdaten und deren Abweichungen innerhalb der einzelnen Datenquellen (%)	68
Abbildung 33: Relative Abweichung (%) zwischen dem punktbezogenen Eingangsdatendatenumfang (beschreibende Schichtdaten) und dem Deckungsgrad (D[SGFT]) sowie der Frequenz (F[SGFT]) der Zieldaten auf Basis gleicher Substratgeneseeflächentypen	70
Abbildung 34: Relative Abweichung (%) zwischen dem punktbezogenen Eingangsdatendatenumfang (Analysedaten) und dem Deckungsgrad (D[SGFT]) sowie der Frequenz (F[SGFT]) der Zieldaten auf Basis gleicher Substratgeneseeflächentypen	71
Abbildung 35: Vereinfachtes Beispiel der Atomisierung von Datensätzen	77
Abbildung 36: Datenbanktechnische Verzahnung von Plausibilitätsprüfung, Harmonisierung und Transformation	80
Abbildung 37: Vergleich der pH-Werte für die HSK _E Bv:p-ls(Sp) aus den Beständen LGRB ($\tilde{x}_{pH_{CaCl_2}} = 5,1$) und PRODAT ($\tilde{x}_{pH_{KCl}} = 5,8$).....	82
Abbildung 38: Aggregation von Schichtungstypen.....	87
Abbildung 39: Substratgenesen der fluviatilen Sedimente (Band 86)	88
Abbildung 40: Idealisierte Darstellung des Ausgangszustandes (Eingangsdaten) und der Aggregierungs- und Generalisierungsziele für die HSK _E	89
Abbildung 41: Generalisierungsbeispiel für eine Horizontabfolge	90
Abbildung 42: Generalisierungsbedingte Reduzierung der Eingangsdaten für den Zieldatensatz	91
Abbildung 43: Beispiel für die Generierung einer Horizont-Substrat-Gruppe	91
Abbildung 44: Verknüpfung der Generalisierungsvarianten	93
Abbildung 45 : Generalisierungsverlauf für das Kriterium Reduzierung der Anzahl an HSK _E -Varianten.....	94
Abbildung 46 : Generalisierungsverlauf für das Kriterium mittlere Belegungsdichte je HSK _E -Variante.....	94
Abbildung 47: Generalisierungsverlauf für das Kriterium HSK _E Varianten mit Individuenanzahl $n > 20$	95
Abbildung 48: Relatives Verhältnis Horizont zu Substratkennzeichnung	96
Abbildung 49: Verknüpfungserfolg (in %) zwischen Ausgangsdatsatz (HSK _E) und dem Zieldatensatz (HSK _Z)	97
Abbildung 50: Histogramm (Säulen) und Erwartungswerte (Linie) der Mächtigkeiten von Bv Horizonten (Bv:p-s(Sp)).....	99
Abbildung 51: Histogramme (Säulen) und Erwartungswerte (Linie) der Mächtigkeiten von Bv-Horizonten (Bv:p-s(Sp)) für Acker- (links) und forstliche Nutzung (rechts)	100

Abbildung 52: Histogramme (Säulen) und Erwartungswerte (Linie) der Ober- (links) und Untergrenzen (rechts) von Bv-Horizonten (Bv:p-s(Sp)).	100
Abbildung 53: Histogramm (Säulen) und Erwartungswerte (Linie) der Mächtigkeiten von Bt-Horizonten (Bt:p-l(Mg,Lg)).	101
Abbildung 54: Histogramm (Säulen) und Erwartungswerte (Linie) der Mächtigkeiten von Gr-Horizonten (Gr:fu-s(Sf)).	102
Abbildung 55: Einfluss von Klassengrenzen auf die relativen Klassenhäufigkeiten der pH-Werte von Bv-Horizonten (Bv:p-s(Sp), Ackernutzung), links pH-Werte nach 0,2 Stufen, pH-Werteklassen der KA4, rechts pH-Werteklassen der Puffersysteme (ULRICH 1981)	103
Abbildung 56: Vergleich der pH-Werte von Bv-Horizonten (Bv:p-s(Sp)) unter Acker- bzw. Forstnutzung	103
Abbildung 57: Umfang des Verknüpfungserfolgs zwischen Eingangsdaten (HSK _E), harmonisierten Eingangsdaten (HSK _E [h]) und Zieldaten (HSK _Z , HSG)	107
Abbildung 58: Vergleich zwischen HSK _Z und HSG (Median, Quartile, Spannweite) für die Parameter Horizontmächtigkeit (cm), pH-Werte (CaCl ₂), potenzielle Kationenaustauschkapazität (cmol _e /kg) und Kornfraktionen (%) einer Bt+Ael:p-ls(Sp); Ackernutzung	108
Abbildung 59: Klassenbezogene Stichprobenumfänge der Kategorien HSK _Z und HSG für die Ableitungsziele Schichtdaten und Analysedaten	110
Abbildung 60: Mediane, Interquartilabstände und Spannweiten der parameterbezogenen Variationskoeffizienten \tilde{x}_{vm} der HSG	112
Abbildung 61: Beispiel für eine parametrisierte Flächenbodenform (Auszug aus dem Flächenbodenformenarchiv)	116
Abbildung 62: Klassenbezogene Datendichten für die Kategorien HSK _Z und HSG für die Ableitungsziele Schichtdaten und Analysedaten bei vollständigem Profilbezug (100%)	117
Abbildung 63: Klassenbezogene Datendichten für die Kategorien HSK _Z und HSG für die Ableitungsziele Schichtdaten und Analysedaten bei unvollständigem Profilbezug (75%)	118
Abbildung 64: Bodenformenunabhängig abgeleitete Mediane (\tilde{x}_i), Quartile (Q25, Q75), horizontbezogene Variationskoeffizienten (V_m), Stichprobenumfang (n), bodenformenabhängige Mediane (\tilde{x}_{PBF}) für eine Horizont-Substrat-Abfolge (Beispiel Horizontmächtigkeit)	119
Abbildung 65: Bodenformenunabhängig abgeleitete Mediane (\tilde{x}_i), Quartile (Q25, Q75), horizontbezogene Variationskoeffizienten (V_m), Stichprobenumfang (n), bodenformenabhängige Mediane (\tilde{x}_{PBF}) für eine Horizont-Substrat-Abfolge (Beispiel potenzielle Kationenaustauschkapazität)	120
Abbildung 66: Bodenformenunabhängig abgeleitete Mediane (\tilde{x}_i), Quartile (Q25, Q75), horizontbezogene Variationskoeffizienten (V_m), Stichprobenumfang (n), bodenformenabhängige Mediane (\tilde{x}_{PBF}) für eine Horizont-Substrat-Abfolge (Beispiel pH-Wert)	121
Abbildung 67: Bodenformenunabhängig abgeleitete Mediane (\tilde{x}_i), Quartile (Q25, Q75), horizontbezogene Variationskoeffizienten (V_m), Stichprobenumfang (n), bodenformenabhängige Mediane (\tilde{x}_{PBF}) für eine Horizont-Substrat-Abfolge (Beispiel Tongehalt in %)	122
Abbildung 68: Bodenformenunabhängig abgeleitete Mediane (\tilde{x}_i), Quartile (Q25, Q75), horizontbezogene Variationskoeffizienten (V_m), Stichprobenumfang (n), bodenformenabhängige Mediane (\tilde{x}_{PBF}) für eine Horizont-Substrat-Abfolge (Beispiel Trockenrohdichte (TRD))	123
Abbildung 69: Differenzen für die Parameter Luftkapazität (dLK), Feldkapazität (dFK) und nutzbare Feldkapazität (dnFK) in Vol.-% zwischen LGRB-KA5 (links) und Vetterlein-KA5 (rechts)	125
Abbildung 70: Datendichten und Arealbezug (Landesfläche in %) für vollständig mit Schichtdaten beschreibbare Flächenbodenformen (FBF 100%)	127
Abbildung 71: Datendichten und Arealbezug (Landesfläche in %) für zu 75 % mit Schichtdaten beschreibbare Flächenbodenformen (FBF 75%)	128
Abbildung 72: Datendichten und Arealbezug (Landesfläche in %) für vollständig mit Analysedaten beschreibbare Flächenbodenformen (FBF 100%)	129
Abbildung 73: Datendichten und Arealbezug (Landesfläche in %) für zu 75 % mit Schichtdaten beschreibbare Flächenbodenformen (FBF 75%)	129
Abbildung 74: Arealbezogene Ableitungssicherheit für den Parameter Horizontmächtigkeit	130

Abbildung 75: Arealbezogene Ableitungssicherheiten für die Parameter potenzielle Kationenaustauschkapazität (links) und pH-Wert (rechts)	131
Abbildung 76: Arealbezogene Ableitungssicherheiten für die Parameter Kornfraktion Sand (links) bzw. Ton (rechts)	132
Abbildung 77: Arealbezogene Ableitungssicherheit für den Parameter Trockenrohdichte	132

IV Abkürzungsverzeichnis

IA _{WI}	Beträge der Abweichung vom Harmoniewert
aHSK _{E%}	Anteil der Analysedaten der HSK am Eingangsdatenbestand
bHSK _{E%}	Anteil der beschreibenden HSK am Eingangsdatenbestand
BLE	Blattlegendeneinheit
D	Deckungsgrad
D [SGFT]	absoluter Deckungsgrad eines Substratgeneseffächentyps
D _%	relativer Deckungsgrad
D _% [SGFT]	relativer Deckungsgrad eines Substratgeneseffächentyps
D _{KE}	Deckungsgrad einer Kartiereinheit
D _{KE} [SGFT]	Summe der Deckungsgrade aller Kartiereinheiten eines Substratgeneseffächentyps
D _n	normierter Deckungsgrad
ED	Eingangsdatenbestand
F	Frequenz
F [SGFT]	absolute Frequenz eines Substratgeneseffächentyps
F _%	relative Frequenz
F _% [SGFT]	relative Frequenz eines Substratgeneseffächentyps
F _% [GLE]	relative Frequenz einer GLE
F[GLE]	absolute Frequenz einer GLE
FG	Flächengewicht
FG _% [GLE]	relatives Flächengewicht einer Generallegendeneinheit
F _n	normierte Frequenz
GLE	Generallegendeneinheit
H	Harmoniewert
H _{+s}	positive Abweichung vom Harmoniewert (positive Harmonieschranke)
H _{-s}	negative Abweichung vom Harmoniewert (negative Harmonieschranke)
H ₀	Harmoniezustand
H0	Ausgangsvariante (Gesamthorizont)
H1	dominierendes + 1. subdominierendes Hauptsymbol
H2	dominierendes Hauptsymbol
H _A	Harmoniewert zur Flächengröße
H _F	Harmoniewert zur Frequenz
HG1	Horizontgruppe 1
HG2	Horizontgruppe 2
H _I	Harmoniewert zum inhaltlichen Spektrum
HSA	Horizont-Substratabfolgen
HSG	Horizont-Substrat-Gruppe
H _{SG}	Substratgeneseffächentyp-Normierung
HSG AD	Horizont-Substratgruppen - Analysedaten
HSG SD	Horizont-Substratgruppen - Schichtdaten
HSK	Horizont-Substrat-Kombination
HSK AD	Horizont-Substrat-Kombinationen - Analysedaten
HSK SD	Horizont-Substratkombinationen - Schichtdaten
HSK _E	Horizont-Substrat-Kombinationen - Eingangsdaten
HSK _Z	Horizont-Substrat-Kombinationen - Zieldatensatz
H _{ZD}	Normierung für den Gesamtdatenbestand des Zieldatensatzes
KE _{ZD}	Gesamtflächenanzahl des Zieldatensatzes
LG _% [BLE]	relatives Legendengewicht einer Blattlegendeneinheit
LGRB _p	LGRB-Daten - Profile
LGRB _s	LGRB-Daten - Sondierungen
n(aHSKp)	Anzahl von analysierten Horizontdaten (Profile)
n(bHSKp)	Anzahl von beschreibenden Horizontdaten (Profile)

n_{AW}	Anzahl der Abweichungsbeträge
PBF	Punktbodenform
$PBF_{\%}[ED]$	rel. Anteil der Punktbodenformen- Eingangsdaten
PFT	Pedogeneseeflächentyp
$r_{PFT}[ZD]$	relativer Anteil der PFT eines SGFT an ZD
$r_{SFT}[ZD]$	relativer Anteil der SFT eines SGFT an ZD
S0	Substratart mit diff. Grobbodenangabe (Ausgangsvariante)
S1	Substratart ohne diff. Grobbodenangabe
S2	Substratart ohne diff. Grobbodenangabe bei 25 Vol. %
S3	Substratart mit Grobbodenangabe u. generalisierter Substratgenese
S4	Substratart ohne Grobbodenangabe u. generalisierter Substratgenese
S5	Substratartengruppe
SFT	Substratflächentyp
SGFT	Substratgeneseeflächentyp
SGFT1	äolische Sedimente
SGFT2	fluviale Sedimente
SGFT3	Auensedimente
SGFT4	periglaziäre und glaziäre Sedimente
SGFT5	Moore (organogene Bildungen)
SGFT6	anthropogene Sedimente
V [GLE]	Verbreitungsgrade der Generallegendeneinheiten
V_m	medianbezogener Variationskoeffizient
$X_{\%}[ZD]$	relative Generallegendenanzahl des Zieldatensatzes
$\tilde{X}_A[SGFT]$	Median der Flächengröße innerhalb eines SGFT
$X_A[ZD]$	Median der Anzahl der Generallegendeneinheiten eines Zieldatensatzes
$\bar{X}_D[GLE]$	arithmetisches Mittel Deckungsgrad der GLE
$\tilde{X}_D[GLE]$	Median Deckungsgrad der GLE
$X_{FBF\%}[SFT]$	Anteil der Flächenbodenformen eines Substratgeneseeflächentyps
$X_{GLE\%}[BLE]$	relativer Generallegendenanteil an einer BLE
$X_{GLE\%}[SGFT]$	rel. Generallegendenanteil eines Substratgeneseeflächentyps
$X_{GLE}[BLE]$	Anzahl von GLE innerhalb einer BLE
$X_{GLE}[SGFT]$	Anzahl der GLE eines def. SGFT
$X_{GLE}[ZD]$	Anzahl der GLE des Zieldatensatzes
\tilde{X}_{HE}	Mittlere Häufigkeit (Median) gleicher Horizonte nach Harmonisierung
\tilde{X}_{HZ}	Mittlere Häufigkeit (Median) gleicher Horizonte nach Generalisierung u. Aggregation
$\tilde{X}_M[HSK]$	Median der Horizontmächtigkeiten einer HSK
X_{nGLE}	normierte Generallegendeneinheiten
$\tilde{X}_{OTIEF}[HSK]$	Median der Horizontobergrenzen einer HSK
$X_{PFT}[SGFT]$	Anzahl der Pedogeneseeflächentypen bezogen auf die Substratgeneseeflächentypen
$X_{PFT}[ZD]$	Anzahl verschiedener Pedogeneseeflächentypen - Zieldatensatz
\tilde{X}_{SE}	Mittlere Häufigkeit (Median) gleicher Substrate nach Harmonisierung
$X_{SFT}[SGFT]$	Anzahl der SFT eines SGFT
$X_{SFT}[ZD]$	Anzahl verschiedener Substratflächentypen - Zieldatensatz
\tilde{X}_{SZ}	Mittlere Häufigkeit (Median) gleicher Substrate nach Generalisierung u. Aggregation
$\tilde{X}_{UTIEF}[HSK]$	Median der Horizontuntergrenzen einer HSK
$\Sigma D_{KE}[SGFT]$	Summe der Deckungsgrade aller Kartiereinheiten eines Substratgeneseeflächentyps
$\Sigma D_{KE}[ZD]$	Gesamtfläche (Deckungsgrad) des Zieldatensatzes
$\Sigma KE[SGFT]$	Anzahl der Kartiereinheiten eines Substratgeneseeflächentyps

1 Einleitung

Die Verfügbarkeit von aussagekräftigen punkt- und flächenbezogenen Informationen zu den Eigenschaften der Bodendecke sind Voraussetzung für eine sachgerechte Beantwortung von bodenschutzbezogenen und bodennutzungsbezogenen Fragestellungen.

Die bereitgestellten Bodendaten müssen einerseits dem Anspruch gerecht werden, die flächenhaft verbreiteten Bodenformen des Landes Brandenburg in ihren Merkmalen und mittleren stofflichen Eigenschaften zu charakterisieren. Andererseits sind sie in Form parameterbezogener Werte notwendige Eingangsgrößen für die bundesweit abgestimmten Auswertemethoden (HENNING 2000) und müssen deren Anforderungen genügen.

An diesem Punkt setzt die vorliegende Arbeit an. Ihr Ziel besteht in der Entwicklung von Verfahrensschritten, die eine regelbasierte, möglichst transparente und nachvollziehbare Ableitung von flächenbezogenen Profil- und Horizontdaten und deren inhaltliche Parametrisierung ermöglichen. Als Anwendungsbeispiel für diese Arbeit bietet sich der digitale Flächendatensatz zur Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg im Maßstab 1:300 000¹ (BAURIEGEL et al. 2001) an. An diesem Datensatz besteht ein vielfältiges und vordringliches Nutzerinteresse, da er mittelfristig als einzige flächendeckende und nutzungstypenunabhängige Informationsbasis für das Landesterritorium Brandenburg zur Verfügung stehen wird (KÜHN 2003).

Bodendaten beeinflussen mit ihrer Güte sowohl die Art als auch die Akzeptanz von umweltpolitischen Entscheidungsprozessen (EG 2000, MLUR 2001). Dies umfasst die Aspekte einer standortgerechten und nachhaltigen Bodennutzung ebenso wie die Bewertung des Schutzgutes Boden innerhalb von Planungs- und Genehmigungsverfahren oder die Funktion als Eingangsgröße für Prognosemodelle. Die breiter werdenden und sich verschiebenden Anwendungsgebiete bedingen ihrerseits steigende qualitative und quantitative Anforderungen an die Bodendaten selbst (ADLER et al. 2001, AUßENDORF et al. 2003). Oft steht nicht mehr nur die klassische Bodenkarte im Mittelpunkt des Interesses, sondern zunehmend die aus bodenkundlichen Basisdaten abgeleiteten oder modellierten Auswertethemen (FRIEDRICH 1999).

Unabhängig vom Auswertungsziel besteht zunächst ein großer Bedarf an referenzierten und bodenkundlich relevanten Basisdaten (LABO 2003). Deren Vorhandensein entscheidet sowohl über die Wahl des Regionalisierungsverfahrens, als auch über die Belastbarkeit der Auswertungsergebnisse (MONSE et al. 1998, UTERMANN et al. 1999, FRIEDRICH 2000).

Die vorhandenen bodenkundlichen Basisdaten zeichnen sich durch einen historisch gewachsenen und thematisch sehr vielfältigen Erhebungshintergrund aus. Infolgedessen unterscheiden sie sich in ihren Kennzeichnungssystemen, Parameterspektren, Analysenmethoden und in ihrer (digitalen) Verfügbarkeit. Obwohl vielerorts umfangreiche und wertvolle Datenbestände existieren, führt deren begrenzte Vergleichbarkeit letztlich zu einem Mangel an methodenkompatiblen Eingangsdaten.

Eine rezente Erhebung von inhaltlich konsistenten Datensätzen, welche mit einem breiten Parameterspektrum versehen sind, ist nur für die aktuellen Kartiergebiete zu erwarten oder ist an Forschungsprojekte mit einer großmaßstäbigen Betrachtung gebunden. Für regionale oder überregionale Fragestellungen ist die Erhebung erforderlicher Datenumfänge derzeit weder zu leisten, noch zu finanzieren.

Die staatlichen geologischen Dienste, zu deren Kernaufgaben es zählt, landesweite Aussagen zur Struktur und zu den Eigenschaften der Bodendecke zu erarbeiten, sehen sich mit der Notwendigkeit konfrontiert, flächendeckende Informationsgrundlagen auch für die mittleren und kleineren Maßstabsbereiche bereitzustellen. Daraus erwächst die Forderung, einen möglichst großen Teil dieser heterogen zusammengesetzten Datenbestände für die Parametrisierung der flächenbezogenen Horizont- und Profildatensätze zu berücksichtigen. Dazu bedarf es methodischer Verfahren, mit denen es gelingt, die Qualität der Eingangsdaten zu prüfen und in einer harmonisierten Form,

¹ weiterhin als BÜK 300 bezeichnet

den potenziellen Nutzern methodenkompatibel zur Verfügung zu stellen.

Die einführenden Betrachtungen zum Stand des Wissens dienen der Vorstellung von verbreiteten methodischen Ansätzen zur Regionalisierung von punktbezogenen Informationen. Die Bewertung dieser methodischen Optionen soll mit dem Blick auf die potenziell verfügbaren Punktdatenumfänge erfolgen. Bezugnehmend auf diese Betrachtungen wird die Wahl des eigenen Ansatzes begründet.

Um zu belastbaren und reproduzierbaren Ableitungsergebnissen zu gelangen, bedarf es neben der eigentlichen Methodenentwicklung der Berücksichtigung zwei weiterer Aspekte. Sie betreffen die Analysen der inhaltlichen Spektren der zu parametrisierenden Zieldaten (Flächendatenanalyse) einerseits und der parameterliefernden Eingangsdaten (Punktdatenanalyse) andererseits. Die Analysen sind eine zentrale Voraussetzung im Vorfeld der Ableitung von flächenbezogenen Parametern.

Die Flächendatenanalyse soll weniger dazu dienen, das inhaltliche Spektrum formal zu beschreiben, als vielmehr versuchen, die inhaltliche Struktur in den Datenbeständen zu erkennen und zu bewerten. Hierbei ist zu prüfen, inwieweit das Inventar der zu parametrisierenden flächenbeschreibenden Bodenformen das Gesamtspektrum der Flächendaten inhaltlich repräsentiert.

Die Analysen zur Arealstruktur sollen eine Charakterisierung der Heterogenitäts- und Dominanzverhältnisse in den Flächeneinheiten ermöglichen und Hinweise für die spätere Beurteilung der Tragfähigkeit von Ableitungsergebnissen liefern.

Die Funktion der Punktdatenanalyse besteht vor allem im Screening und in der Evaluierung von potenziellen Punktdatenquellen. Mit der Punktdatenanalyse ist zu klären, welche Arten von Punktinformationen, in welchen Umfängen und mit welcher Parameterausstattung grundsätzlich verfügbar sind. Sie soll prüfen, in welchen systematischen Kennzeichnungssystemen bzw. -niveaus die Daten vorliegen und in welchem Maße sie den (methodischen) Mindestdatensatzanforderungen genügen. Mittels einer Betrachtung dieser Kriterien lässt sich letztlich der Harmonisierungsaufwand und die zu erwartende Güte der verfügbaren Eingangsdaten prognostizieren.

An die Entwicklung der eigentlichen Ableitungsmethode knüpfen sich eine Reihe von Forderungen. Sie muss punktbezogene Daten mit einer sehr verschiedenen Herkunft und einer heterogenen Zusammensetzung implementieren, strukturieren und harmonisieren können. Die zu erwartende Vielfalt an bodensystematischen Kennzeichnungsvarianten muss sich bei einem minimalen Informationsverlust über definierte Generalisierungs- und Aggregierungsschritte begrenzen lassen. Der landesbezogene Zieldatensatz erfordert seinerseits die inhaltliche Charakterisierung einer großen Anzahl ($n=291$) von sehr verschiedenen Bodenformen, verbunden mit einem breiten Parameterspektrum. Insbesondere die begrenzte Verfügbarkeit von bodenchemischen und bodenphysikalischen Analysedaten macht das Arbeiten mit dynamischen Datenabfragen notwendig. Infolgedessen müssen alle Methodenschritte ein hohes Maß an Reproduzierbarkeit besitzen, da sich die Stichprobenumfänge und -inhalte zwischen den Abfragezyklen verändern, eine Vergleichbarkeit in der methodischen Bewertung aber sicherzustellen ist. Letzteres trifft auf alle entwickelten Verfahrensschritte zu. Sie müssen die Übertragbarkeit auch auf Flächendatensätze anderer Maßstabsbereiche (z.B. BK 50, KÜHN 1996) und anderer administrativer oder regionaler bzw. überregionaler Zugehörigkeit (z.B. BÜK 200, HARTWICH et al. 1995b) garantieren.

Anschließend sollen die methodischen Ableitungsergebnisse kritisch diskutiert werden. Ein besonderes Augenmerk gilt hierbei der Ableitungssicherheit für die einzelnen Zielparameter. So werden nicht nur die ermittelten Parameterwerte, sondern vor allem deren Variabilitätskennwerte einen Diskussionsschwerpunkt bilden.

Ein wesentliches Ziel der Ergebnisdarstellung ist die Kennzeichnung der zu erwartenden Ableitungsgüte für die horizont- bzw. profilbezogenen Daten. Der Parameterdatensatz einer Bodenform soll daher neben den abgeleiteten Parameterwerten auch deren Streuungskennwerte beinhalten. Aufgrund des großen Zieldatenumfanges kann eine Diskussion nur in exemplarischer Weise und nicht an allen flächenbeschreibenden Bodenformen erfolgen.

2 Stand des Wissens

Die Anforderungen, die an Informationen zur Bodendecke erhoben werden, sind seit jeher Gegenstand zahlreicher Diskussionen. Sie können als eine Folge der Vielfältigkeit des vierdimensionalen Mediums Boden an sich angesehen werden. Die Darstellungsziele reichen von rein planimetrischen Karten (BLANK 1911) über historische, betriebswirtschaftliche, fiskalische (BODSCHÄTZG 1934), pflanzengeografische und geologische (ORTH 1870) Zielstellungen bis hin zu pedogenetischen, substratgenetischen oder bodenfunktionsbezogenen (www.lgrb.de/boden/ 2003) Fragestellungen. Im Bezug auf die Darstellungsform wird über die Vor- und Nachteile zwischen diskreten (vektorbasierten) versus kontinuierlichen (rasterbasierten) Karten (BÖHNER & KÖTHE 2003, HANNEMANN 2003) diskutiert.

Bodenkarten i.e.S. besitzen den Anspruch, den Kenntnisstand zur Struktur und zum Aufbau der Bodendecke für einen bestimmten Betrachtungsraum zu dokumentieren (FRIDLAND 1972, HAASE & SCHMIDT 1975, AG BODEN 1994, USDA 1999).

Damit im Zusammenhang stehen Betrachtungen zur inhaltlichen, räumlichen und zeitlichen Variabilität innerhalb der Bodendecke (WILDING & DREES 1983, HEUVELINK & WEBSTER 2001). Sie beinhalten systemtheoretische Analysen aus Sicht der Landschaftsanalyse ebenso (HAASE 1968, FRIDLAND 1972, ALTMANN & HAASE 1984, SCHMIDT 1985) wie die Bewertung der räumlichen und zeitlichen Variabilität von bodenkundlichen Parametern innerhalb verschiedener Skalenbereiche (RANK et al. 1999, SZIBALSKI 2000, BÖTTCHER et al. 1999, BRINKMANN et al. 2001).

Die Dokumentation von punkt- und flächenbezogenen Informationen erfolgt heute weit weniger in analogen Karten als vielmehr innerhalb von Bodeninformationssystemen. Sie ermöglichen die gemeinsame Verwaltung in einer digitalen, normierten und maßstabsunabhängigen Form. Bodeninformationssysteme sind oft elementarer Bestandteil von fachübergreifenden Informationssystemen und schaffen die Voraussetzungen für die Bewertung des Schutzgutes Boden (BBODSCHG 1998). Die „klassische“ Bodenkarte entspricht folglich nur einer thematischen Sicht auf die Daten, deren Bedarf gegenüber anderen bodenfunktionsbezogenen Auswertethemen abnimmt (FRIEDRICH 1999, BAURIEGEL et al. 2000).

2.1 Bodenkundliche Regionalisierungsverfahren

Intensiv wird die Art und Weise der Erhebung sowie der Regionalisierung von punktuell erhobenen Bodendaten diskutiert. Einen Überblick zu bereits etablierten Methoden sowie zu methodischen Entwicklungstendenzen geben BURROUGH et al. (1994), BURROUGH et al. (1997) und MCBRATNEY et al. (2000). Einen breiten Raum nehmen hierbei die geostatistischen Methoden ein, deren Vorteile zweifellos in der georeferenzierten Betrachtung der Erhebungsdaten bestehen (MATHERON 1971). Sie bedürfen aber gleichfalls einer hohen Datendichte, da die räumliche Autokorrelation von qualitativen wie quantitativen Informationen begrenzt ist (HENNING 1991, HINDEL et al. 1995, GOOVAERTS 2000). Da sich die notwendigen Datenumfänge für einen regional- oder landesbezogenen Betrachtungsraum kaum akquirieren lassen, ist ihr Anwendungsschwerpunkt daher eher in großmaßstäbigen Fragestellungen zu suchen (z.B. SZIBALSKI 2000). Erweiterte Möglichkeiten ergeben sich aber durch die Kopplung verschiedener Verfahren (GOOVAERTS 1999, LAGACHERIE & VOLTZ 2000), die MCBRATNEY et al. 2000) als hybride Techniken bezeichnen.

Einen steigenden Anwendungsgrad erfahren Ansätze auf Basis von fuzzy sets (MCBRATNEY & ODEH 1997, FRIEDRICH 2001, HANNEMANN 2003) sowie von Neuronalen Netzen (LEHMANN et al. 1999, BILLEN et al. 2003). Ihnen ist im Vergleich zu „konventionellen Regionalisierungsverfahren“ der Vorteil eigen, ein breiteres Informationsspektrum modelltechnisch integrieren zu können. Insbesondere qualitative Datenquellen lassen sich über diese Verfahren regelbasiert verarbeiten. Dennoch besitzen auch fuzzy sets einen empirischen Charakter. Infolgedessen lassen sich deren Zugehörigkeitsfunktionen nur selten statistisch absichern (FRIEDRICH 2001).

Den höchsten Verbreitungsgrad besitzen Regionalisierungsverfahren auf Basis taxonomischer Einheiten und deren Darstellung innerhalb räumlich diskreter Einheiten. Dies erfolgt bei der Nutzung von morphogenetischen Systematiken (AG BODEN 1994, AK BODENSYSTEMATIK 1998) i.d.R. über be-

schreibende Bodenformen, Bodenformengesellschaften (SCHMIDT 1997, SCHMIDT & JAHN 2004) oder Flächentypen (THIERE & SCHMIDT 1979, THIERE et al. 1999).

Die flächenbeschreibenden Bodenformen ermöglichen die inhaltliche Kennzeichnung von Bodenarealen oder deren Segmente i.S. einer bodenkundlichen Inventarisierung. Ihr angestrebter Geltungsbereich geht über den einer konkreten Punktbodenform (PBF) hinaus. Da die flächenbeschreibenden Bodenformen nicht in jedem Fall aus direkten Erhebungen (Profilaufnahmen) abgeleitet werden können, die innerhalb der zu beschreibenden Flächen positioniert sind, entsprechen sie meist einem Syntheseprodukt aus dem Verschnitt verschiedener Informationsgrundlagen. Sie haben damit in ihrer Aussagekraft für eine konkrete Fläche oder für deren übergeordnete Kategorien (Blattlegendeinheit, etc.) einen zunächst hypothetischen Charakter, der erst über ein aufgenommenes Profil abgesichert werden kann.

Dieser klassische Ansatz der Regionalisierung (MCBRATNEY et al. 2000) beruht auf dem von JENNY (1941) formulierten Zusammenhang der bodenbildenden Faktoren:

$$\text{Boden} = \int (\text{Klima, Organismen, Relief, Ausgangsmaterial, Zeit})$$

Aus diesem multikausalen Zusammenhang heraus wird die Berechtigung abgeleitet, die Erkenntnisse aus einem konkreten Untersuchungsraum in andere Räume mit gleicher Faktorenkombination zu übertragen und ihnen ein vergleichbares Wirkungsgefüge zuzuschreiben.

Grundsätzlich kann gelten, dass:

- je großmaßstäbiger eine Kartierung und/oder je höher die Punktdichte ist, umso direkter ist der Bezug zwischen den flächenbeschreibenden Bodenformen und den konkreten Punktbodenformen (PBF)².
- je kleinmaßstäbiger die Kartierung und /oder je geringer die Punktdichte ist, desto indirekter ist der Bezug zwischen den flächenbeschreibenden Bodenformen und den konkreten Punktbodenformen und umso hypothetischer wird der Charakter der flächenbeschreibenden Bodenform. Das geht einher mit einer stärkeren Verallgemeinerung und der Verwendung einer abstrakteren Kennzeichnung.

Inwieweit boden- bzw. substratsystematische Einheiten als Informationsträger von komplexen Bodeneigenschaften fungieren können, wird unterschiedlich beurteilt. BOUMA (1985) bewertet die Fähigkeit als Informationsträger kritisch. LAMP & AMESKAMP (1998) sehen die Bodenhorizonte als die Spediteure der bodenkundlichen Information. UTERMANN et al. (1999) nutzen diesen Ansatz zur Ableitung von flächenrepräsentativen Hintergrundwerten für die mittel- und kleinmaßstäbige Betrachtungsebene. HENNINGS (2002) knüpft die Tragfähigkeit dieses Regionalisierungsansatzes an eine engere Korrelation zwischen der systematischen Einheit und dem Bewertungsziel.

Es bleibt aber festzustellen, dass die Bewertung von Regionalisierungsergebnissen, unabhängig vom verwendeten Verfahren, in den wenigsten Fällen ohne Berücksichtigung von systematischen Einheiten erfolgt. Letztere bilden eine notwendige Eingangsgröße für einen Großteil der bundesweit abgestimmten Auswertemethoden (HENNINGS 2000) und entsprechen damit einer essentiellen Voraussetzung für weitere thematische Bewertungen. Diese stehen daher auch im Zentrum der weiteren Betrachtungen.

Viele der bodensystematischen Regionalisierungsansätze basieren auf abgeleiteten Daten zu mehr oder weniger idealisierten Leit- oder Begleitbodenformen. Sie werden als fester Bestandteil aller Bodenflächendaten, zumindest aber als legendenbeschreibende Bodenformen aufgefasst (AG BODEN 1994, FRIEDRICH 1999).

Bereits in den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde nach Wegen und Methoden gesucht, die systematischen Einheiten für kartierspezifische Fragestellungen zu modifizieren. So entstand in Abstimmung der land- und forstwirtschaftlichen Kartierung eine übergreifende Hauptbodenformenliste (LIEBEROTH et al. 1967, LIEBEROTH et al. 1991). Diese Hauptbodenformenliste fand später Eingang in die Richtlinien von nutzungsbezogenen Kartierprogrammen wie der Mittelmaßstäbigen

² Es sei denn, ein kleinmaßstäbiger Flächendatensatz baut auf einem großmaßstäbigen Datensatz auf und greift, wenn auch abstrakter, indirekt auf gleiche PBF zurück.

Landwirtschaftlichen Standortkartierung (SCHMIDT & DIEMANN 1974) sowie in der forstlichen Standortserkundung (KOPP 1969, SCHULZE & KOPP 1996).

Problematisch ist sowohl der methodische als auch der datenspezifische Hintergrund für bereits realisierte Ableitungen von flächenbezogenen Horizont- und Stoffdaten. Sie fußen meist auf Datenbeständen mit einer regionalen Gültigkeit. Aufgrund dieser Eigenheiten besteht oft das Problem einer überregionalen Übertragbarkeit.

Sehr häufig wird mit Leit- oder Musterprofilen gearbeitet (CAPELLE et al. 1997, FLECK 1999 u.a.). Hier handelt es sich um Einzelprofile, denen ein repräsentativer oder typischer Charakter zugeschrieben wird. Diese Ansätze sind in Frage zu stellen, da die Aspekte der analytischen und räumlichen Variabilität von Bodenparametern bekannt sind (ALTMANN & HAASE 1984, SCHMIDT 1985, BURROUGH et al. 1994).

VETTERLEIN (1986) erkannte die Notwendigkeit, repräsentative Eigenschaften auf Basis von Wertekollektiven zu ermitteln und ermöglichte mit den eingeführten Substrat-Horizont-Gruppen auch den Umgang mit unterschiedlichen Datendichten. RIECK et al. (1995) sowie ZEITZ (1992) nutzten diesen Ansatz zur Beschreibung von mittleren bodenphysikalischen Horizonteigenschaften. BAURIEGEL (2000) und DEHNER et al. (2001) greifen dieses methodische Prinzip für die Ableitung flächenbezogener Profil- und Horizontdaten auf.

Die derzeit gültigen bodenkundlichen Kennzeichnungsregelwerke liefern für diese Fragestellung wenig methodisches Rüstzeug. In der 4. Auflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung³ (AG BODEN 1994) wird zwar von flächenbeschreibenden Profil- und Horizontdaten gesprochen, ohne aber einen methodischen Weg anzubieten. In der 5. Auflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung⁴ (AG BODEN 2004) ist die Kategorie Flächenbodenform zumindest als Begriff eingeführt.

Folglich ergaben sich eine Reihe von unterschiedlichen, landesspezifischen Regelungen für die Bereitstellung von flächenbezogenen Parameterdatensätzen. Sie reichen von tabellarischen Legenden über blattbegleitende Erläuterungshefte (RILLING et al. 1993) bis hin zu Datenhandbüchern zu Bodenlandschaften (SCHMIDT et al. 1992) oder zu gesamten Flächendatensätzen (HLUG 2002, LAGB 2004). Die Bereitstellung der Parameterwerte erfolgt weitgehend über die Werteklassen der KA4 (AG BODEN 1994) oder über den Verweis auf ein Beispielprofil.

Im Zusammenhang mit der Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland im Maßstab 1:200 000 (BÜK 200) werden erstmals länderübergreifend flächenbezogene Horizontdaten für die legendenbeschreibenden Bodenformen innerhalb der Flächendatenbank zur BÜK 200 abgefordert (KRUG & HARTWICH 2001). Erste Arbeiten hierzu sind beispielhaft für das Blatt Leipzig (CC 4718) und Braunschweig (CC 3926) durch DEHNER et al. (2001) erfolgt. Sie gehen von einer bodenlandschaftsbezogenen Parallelisierung zwischen Punkt- und legendenbeschreibender Bodenform (Flächenbodenform) aus. Die Ableitung von mittleren Eigenschaften ist auch hier über die statistische Auswertung von segmentierten Horizont-Substrat-Gruppen vorgesehen. Das bodenbildende Substrat wird hier dem Bodenausgangsgestein gleichgesetzt. Die hierbei entwickelten Verfahrensschritte sind für ein eingeschränktes Parameterspektrum nutzbar, lassen sich aber nur bedingt auf andere Räume bzw. Bundesländer übertragen, da die quantitative und qualitative Datenlage sehr unterschiedlich ist.

Neben der Wahl des methodischen Verfahrens ist von besonderem Interesse, in welcher Güte die flächenbeschreibenden Bodenformen mit horizontbeschreibenden Merkmalen und stofflichen Eigenschaften gekennzeichnet werden können. Zur Beurteilung der Treffsicherheit von abgeleiteten Parameterwerten ist die Angabe von Streuungsmaßen notwendig, die aber nur in wenigen Fällen als elementarer Teil des Flächendatensatzes angesehen werden (FRIEDRICH 2001). MARSMAN & DE GRUIJTER (1986) sowie HENNINGS (1991) hinterfragen die Qualität flächenbezogener Bodendaten und fordern die Angabe von Heterogenitätsmaßen (LÖSEL & HENNINGS 2003). Sie berühren damit das Problem der Aussagesicherheit von bodenkundlichen Flächendaten.

Eine Reihe von Arbeiten beschäftigen sich mit dem Anteil der erhebungsbedingten Variabilität von Bodenkennwerten und schlagen zu deren Minimierung verschiedene Beprobungsstrategien vor

³ weiterhin als KA4 bezeichnet

⁴ weiterhin als KA5 bezeichnet

(BURROUGH 1993, BRUS & DE GRUIJTER 1997, SZIBALSKI 2000). Die real verfügbaren Datenbestände lassen sich kaum an diesen Strategien referenzieren oder gar ausrichten, da sie das Produkt von Erhebungen mit z.T. sehr unterschiedlichen Zielstellungen sind. Ein vorrangiges Problem besteht daher in dem Transfer und der Harmonisierung von inhaltlich und systematisch sehr heterogen strukturierten Eingangsdaten in einem einheitlichen Kennzeichnungsrahmen. Die notwendigerweise damit verbundenen Prozeduren, wie die Übersetzung von Altdaten (BENNE et al. 1990, ALTERMANN & VILLWOCK 1997, WALLBAUM 1991) oder der Abgleich verschiedener Analysemethoden (UTERMANN et al. 1999), binden erhebliche personelle und finanzielle Ressourcen. Hinzu kommen logistische und rechtliche Probleme, da sich einerseits die relevanten Datenbestände meist über unterschiedliche Datenherren verteilen und es sich zum anderen um personenbezogene Daten handeln kann (Datenschutz).

Für die Wahl des Regionalisierungsverfahrens steht daher nicht nur die Frage nach einem sinnvollen methodischen Ansatz, sondern auch nach der Datenverfügbarkeit und der Datenqualität.

2.2 Begriffsbestimmungen

Schon STREME (1932) spricht mit Blick auf die Begriffswelt in der Bodenkartierung von einer „großen, fast schon chaotischen Vielfalt“. Diese besteht auch für die Termini, die eine inhaltliche oder auch nur linguistische Nähe zum Themenkreis der flächenbeschreibenden Böden bzw. Bodenformen besitzen. Eine Kurzcharakteristik sowie die gegenseitige Abgrenzung der Begrifflichkeiten erscheint daher notwendig.

Die Abgrenzung zwischen den Begriffen ist insofern problematisch, als dass eine Reihe von ihnen nicht oder nur unscharf definiert ist. So bestehen zwischen den Termini inhaltliche Überschneidungen oder sie meinen unterschiedliche Sachverhalte, nutzen aber gleiche Begrifflichkeiten. Im Weiteren wird nur auf Begriffe und deren Kriterien eingegangen, die in ihrem Aussageziel in einem engeren Bezug zu flächenbeschreibenden Bodenformen stehen.

2.2.1 Zum Begriff der Flächenbodenform

Der Begriff der Flächenbodenform (FBF) wurde von SPIEB (mdl. Mittlg. KÜHN 2001) eingeführt. Sie grenzt sich gegenüber der Punktbodenform (PBF), die einem erhobenen Einzelprofil gleichzusetzen ist, in ihrer avisierten flächenbezogenen Gültigkeit und in ihrem Erhebungshintergrund ab. Im Sinne der Fragestellung ist die **Flächenbodenform** (HANNEMANN et al. 1999, verändert):

- ein elementarer Bestandteil von Flächenbeschreibungen (z.B. Kartiereinheiten oder Legendeneinheiten),
- ein, auf einem von der Zielkategorie abhängigen systematischen Niveau, idealisiertes (abstraktes) Bodenprofil,
- sie bildet mit weiteren FBF bei regelhafter Kombination Bodengesellschaften,
- sie charakterisiert ein auf bestimmtem Kennzeichnungsniveau nicht weiter differenzierbares (quasi homogenes) Bodenareal,
- ihr systematisches Kennzeichnungsniveau (der boden- und substratsystematischen Einheit) orientiert sich am Maßstab,
- sie beschreibt mittlere Bodeneigenschaften und lässt Varianzen zu,
- sie besitzt die Daten, die aus vergleichbaren Profilen und/ oder Horizont-Substrat-Kombinationen abgeleitet werden und
- sie kann in ihren zugewiesenen Horizontdaten mit konkreten Profildaten direkt übereinstimmen.

2.2.2 Begriffsdefinitionen zu flächenbezogenen Bodenformen

Begleitbodenformen: sind flächenbeschreibende Bodenformen, die nach SCHMIDT & DIEMANN (1974) sowie LIEBEROTH (1982) in ihrer Häufigkeit und in ihrem Flächendeckungsgrad hinter den Leitbodenformen zurücktreten. Sie sind aber trotzdem charakteristische Bestandteile des Bodenmosaiks. Sie werden nach ihrer Funktion in stetige, sporadische und singuläre Begleitbodenformen unterschieden.

Begleitprofile: Böden mit dem Status Begleitprofile müssen sich nach KA4 (AG BODEN 1994) in ihrem Aufbau grundsätzlich von den Leitprofilen innerhalb der betrachteten Bodeneinheit unterscheiden und in dieser einen untergeordneten Flächenanteil besitzen.

Die Kategorie Begleitprofil findet sich nicht mehr in der 5. Auflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AG BODEN 2004).

Elementary Soil Area (ESA): Ein ESA ist nach FRIDLAND (1972, 1976) ein Bodenareal ohne eine konkrete bodengeographische Grenze mit einer variablen Flächengröße. FRIDLAND unterscheidet zwischen homogeneous, patchy und regular-cyclic ESA's. LIEBEROTH (1982) setzt die ESA's Polypedons gleich.

Hauptbodenformen bzw. **Lokalbodenformen:** Unter diesen Begriffen werden für die Bodenkartierung und die Praxis zugeschnittene spezielle bodensystematische Einheiten verstanden (LIEBEROTH 1971). Haupt- bzw. Lokalbodenformen unterscheiden sich in ihrer Berücksichtigung von örtlich oder regional auftretenden Unterschieden. Mit der Hauptbodenform werden Böden zusammengefasst, die sich aus vergleichbaren Substrat- und Bodentypen zusammensetzen und in ihrer Horizontfolge der oberen 8-12 dm weitgehend übereinstimmen. Die Hauptbodenformenliste wurde zwischen der landwirtschaftlichen und forstwirtschaftlichen Kartierung abgestimmt (LIEBEROTH et al. 1967, LIEBEROTH et al. 1991). Auf der Ebene der Lokalbodenformen werden abweichende, spezifischere Merkmale berücksichtigt. Für die forstliche Standortkartierung (der DDR) wurde das System der Haupt- und Lokalbodenformen sehr weit ausgebaut. Der Bodenformenkatalog ist in den verschiedenen Ausgaben der Standorterkunderanweisung (SCHULZE & KOPP 1996) dokumentiert und bildet bis heute das tragende Gerüst der forstlichen Standortkartierung Ostdeutschlands.

Leitbodenformen: Unter Leitbodenformen werden nach SCHMIDT & DIEMANN (1974) sowie LIEBEROTH (1982) flächenbeschreibende Bodenformen verstanden, die innerhalb definierter Areale häufig und mit einem relativ hohen Flächenanteil (>20 %) auftreten. SCHMIDT & DIEMANN (1974) binden den Leitcharakter nicht einzig an den Flächenanteil, sondern an die Konstellation innerhalb eines Bodenmosaiks, wie die Anzahl von Begleitern.

Leitprofile: Im Sinne der KA4 (AG BODEN 1994) werden unter diesem Begriff „Profile verstanden, die für den flächenhaft vorherrschenden Leitboden typisch sind. Sie brauchen untereinander nicht voll identisch sein, sondern charakterisieren mit ihren Unterschieden die Variationsbreite des Leitbodens.“ Leit- oder Musterprofilen (FLECK 1999) sollen charakteristische Bodenformen für einen definierten Betrachtungsraum (z.B. Bodenlandschaft oder Kartenblatt) mit ihren wichtigsten Eigenschaften repräsentieren.

Die Kategorie Leitprofil findet sich nicht mehr in der 5. Auflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AG BODEN 2004).

Mittelwertprofile: sind Zusammenfassungen einer Gruppe von vergleichbaren Punktprofilen. Die Gruppenzugehörigkeit kann sich auf ihre systematische Kennzeichnung oder aber ihre stofflichen bzw. ökologischen Eigenschaften beziehen. Mittelwertprofile müssen keinen Flächenbezug besitzen, sondern können auch einen rein thematischen Charakter haben.

Musterprofile: Zu diesem Terminus ist keine eindeutige Definition möglich, meist wird er im Sinne eines Leitprofils aufgefasst (→ Muster- und Vergleichsstücke der Reichsbodenschätzung, → Leitprofile).

Muster- und Vergleichsstücke: sind fester Bestandteil der Bodenschätzung und in ihrem Wesen im Bodenschätzungsgesetz (BODSCHÄTZG) von 1934 festgelegt.

Die **Musterstücke** werden zur Sicherung der Gleichmäßigkeit der Bodenschätzung⁵ im gesamten Bundesgebiet angelegt und unterliegen der Obhut des Bundesministeriums für Finanzen, sofern es sich nicht um Landesmusterstücke handelt⁶. Die Musterstücke bilden die Hauptstützpunkte der Bodenschätzung und sind wichtige Referenz- und Eichprofile für die Schätzungsausschüsse (BODSCHÄTZG 1934, RÖSCH & KURANDT 1941).

Die **Vergleichsstücke** werden angelegt, um den Schätzungsausschüssen einen Überblick über die Bodenverhältnisse in einer Gemeinde zu ermöglichen und die eigentlichen Schätzungsarbeiten zu erleichtern. Als Vergleichsstücke sollen die wichtigsten und typischsten Böden ausgesucht, beschrieben und bewertet werden (BODSCHÄTZTECHNANW 1935).

Normwertprofile oder **Normalprofile:** sind nach KONOPATZKY (1999) Profile mit einem geringen Einfluss der vorangegangenen Nutzungsgeschichte. Unter dieser Kategorie können Böden verstanden werden, die sowohl in ihrer Horizontfolge als auch in ihren stofflichen Eigenschaften einen naturnahen Zustand besitzen. Normalprofile zeichnen sich nach KONOPATZKY durch einen vorindustriellen, stabilen Zustand mit geringen Immissionseinflüssen aus. Einen vergleichbaren Charakter besitzen die →Referenzprofile.

Pedon: Der Begriff des Pedon entstammt einem Vorschlag von SMITH (SIMONSON & GARDNER 1960, HAASE 1968) und entspricht dem kleinstmöglichen, dreidimensionalen Ausschnitt aus der Bodendecke mit quasihomogenen Eigenschaften und einer Flächenausdehnung von weniger als 10 m² (HAASE 1968) bzw. 100 m² (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002).

Referenzböden: sind als Böden mit großer Bedeutung als Archiv der Natur- und/oder Kulturgeschichte zu verstehen, die für wissenschaftliche Untersuchungen der Bodenentwicklung von besonderer Bedeutung sind. Demnach sind dies Böden mit einer naturnahen und/oder für die Region besonders typischen Ausprägung, die der Einordnung und dem Vergleich von Böden und Bodeneigenschaften dienen und die in der Regel wissenschaftlich dokumentiert sind. Hierbei handelt es sich in erster Linie um Bodendauerbeobachtungsflächen, Langzeitversuchsflächen wissenschaftlicher Einrichtungen und Eichstandorte von Bodenkartierungen (SCHATZ & SCHMIDT 2003). ALTERMANN et al. 2003 verstehen unter Referenzböden Standorte mit bedeutender Verbreitung und typischem Bodenaufbau. Solche Standorte sollen eine typische Bodennutzung und einen mittleren anthropogenen Einfluss aufweisen. So zählen zu diesen Standorten z.B. Bodendauerbeobachtungsflächen, Musterstücke der Reichsbodenschätzung oder Versuchsflächen wissenschaftlicher Einrichtungen.

Weiserprofile: wurden und werden innerhalb der forstlichen Standortkartierung in Ostdeutschland als Schürfgruben angelegt. Sie entsprechen typischen und/oder verbreiteten Punktprofilen innerhalb des Kartiergebietes, die teilweise beprobt wurden. Im Regelfall können sie einer Lokalbodenform zugeordnet werden. Kennzeichnungslücken können dann in Abhängigkeit des Verbreitungsgrades zu einer neuen Lokalbodenform führen →Haupt- bzw. Lokalbodenform.

⁵ § 4 BODSCHÄTZG 1934

⁶ Im Land Brandenburg und in einer Reihe von anderen Bundesländern existieren keine Landesmusterstücke.

2.2.3 Abgrenzung zwischen den Begrifflichkeiten

Sehr häufig verwendete Kategorien sind das Leit- bzw. das Musterprofil(-stück) (BODSCHÄTZG 1934, AG BODEN 1994). Darunter werden Punktprofile verstanden, denen eine flächenübergreifende Repräsentanz i.S. eines Leitbodens zugesprochen wird. Die inhaltlichen Kriterien zur Charakterisierung eines Leitbodens sind sehr weit gefasst. Der hierbei angenommene repräsentative Charakter wird oft mit typischen Eigenschaften gleichgesetzt. Diese können sich z.B. auf eine Bodenfunktion (ALTERMANN et al. 2003), eine Landschaft (LORZ & OPP 2000), ein Bodenausgangsgestein oder auch auf stoffliche Eigenschaften (IME 2004) beziehen. Da der Erhebungstatus eines Leitprofils an einen Einzelstandort gebunden ist, bleibt zu hinterfragen, ob dieses Einzelprofil eine n-Zahl von Flächeneinheiten repräsentieren kann. Die Annahme einer flächenübergreifenden Repräsentanz ist daher nur für eine Faktorenkombination, wie Nutzung/Substrat/Lage, nicht aber für die stofflichen Eigenschaften eines Profils zulässig. Letzteres lässt sich nur über den Vergleich mit anderen Standorten und die Bewertung von statistischen Streuungsmaßen feststellen. So wird beispielsweise von einer flächenbezogenen Extrapolierung der Ergebnisse der Bodendauerbeobachtung abgesehen (HUSCHEK & KRENGEL 2003), gleichwohl deren Anlage auf Repräsentativitätskriterien beruht (BARTH et al. 2000).

Die begriffliche Abgrenzung zwischen Leit- und Begleitprofil erfolgt meist über das Kriterium der Dominanz einer Bodenform innerhalb einer flächenbeschreibenden Kategorie (z.B. Kartiereinheit oder Blattlegendeneinheit). Gleichfalls ist auch eine typische oder charakteristische Konstellation zwischen Bodenformen i.S. einer Bodengesellschaft (SCHMIDT 1997) oder die Stetigkeit einer Bodenform (SCHMIDT & DIEMANN 1974) als Leitkriterium vorstellbar. Folglich kann eine Bodenform auch mit einem geringeren Flächenanteil, aber einer essentiellen Existenz für eine Bodengesellschaft oder für einen Flächentyp, i.S. eines Zeigerwertes, den Charakter einer Leitbodenform besitzen.

Die Definition der Flächenbodenform i.S. von HANNEMANN et al. (1999) bindet sich daher nicht an Flächenanteils- oder Dominanzkriterien (KÜHN 1996). Eine Flächenbodenform erlangt ihren „Leit- oder Begleitcharakter“ erst durch ihre Stellung innerhalb der Bodengesellschaft einer definierten Flächeneinheit (z.B. Kartiereinheit). Der Charakter einer Flächenbodenform kann sich durch ihren multiplen Arealbezug innerhalb eines Datensatzes unterscheiden. Sie wird aber innerhalb des Flächenbodenformenarchivs nur einmal geführt.

In der Art und Weise der Berücksichtigung des flächenbezogenen Leit- oder Begleitcharakters stehen sich die Kategorien Haupt- bzw. Lokalbodenform und Flächenbodenform relativ nahe. In beiden Fällen ergibt sich ihr Charakter erst aus den spezifischen Verhältnissen innerhalb der betrachteten Bodenareale. Der Unterschied zwischen den beiden Kategorien leitet sich aus den Bezugsgrößen ab. So kann sich eine Haupt- bzw. Lokalbodenform auf eine Fläche als auch auf einen konkreten Punkt beziehen. Der Bezug einer Flächenbodenform stellt sich hingegen immer zu einem Bodenareal und nicht zu einem konkreten Punkt her.

Mit den Ebenen Haupt- bzw. Lokalbodenform wird ein Ansatz für Kennzeichnungshierarchien von Flächeninhaltsdaten vorgeschlagen, der später wieder aufgegriffen werden soll.

Die Flächenbodenform beschreibt wie das Pedon zwar auch einen quasihomogenen Ausschnitt aus der Bodendecke, wird aber in ihrem räumlichen Geltungsanspruch nicht auf die von HAASE (1968) definierte Dimension von wenigen Quadratmetern begrenzt. Die Homogenität bezieht sich hier auf einen maßstabsbedingten systematischen Abstraktionsgrad im inhaltlichen Kennzeichnungsniveau (HANNEMANN et al. 1999). In ihrer räumlichen Dimension besitzt die Flächenbodenform wie die Elementary Soil Area's von FRIDLAND (1976) eine variable Flächengröße.

Abgrenzungsschwierigkeiten bestehen zwischen den Begriffen Normwertprofile und Referenzböden. KONOPATZKY (1999) meint Standorte, die sich hinsichtlich ihrer Horizontfolge und ihren stofflichen Eigenschaften in einem naturnahen Zustand befinden. Ähnliche Kriterien nutzen SCHATZ & SCHMIDT (2003) für die Referenzböden. Sie dehnen die Betrachtung aber auf regionaltypische, aber ggf. weniger naturnahe, Ausprägungen aus. ALTERMANN et al. (2001) verstehen hingegen unter Referenzböden Standorte mit bedeutender Verbreitung und typischem Profilaufbau, aber auch einem mittleren anthropogenen Einfluss. Teile dieser Kriterienkombinationen gelten auch für die Flächenbodenform, die mittlere Eigenschaften für die flächenhaft verbreiteten Bodenformen darstellen will.

2.3 Kurzbeschreibung von methodischen Varianten zur Kennzeichnung oder Ableitung von flächenbezogenen profilbeschreibenden Daten

Die Schwierigkeiten, die mit der begrifflichen Abgrenzung und dem Herausstellen von inhaltlichen Überlappungen zusammenhängen, zeigen sich auch in den Beschreibungen und Bewertungen der methodischen Varianten. Wichtige bzw. verbreitete Methoden sollen daher ihrem Wesen nach kurz skizziert und in ihren Beziehungen zueinander gekennzeichnet werden.

2.3.1 Leitprofile

Der Leitprofilansatz verfügt in der bodenkundlichen Kartierung über eine lange Tradition (STREMMER 1932) und zählt zu den am häufigsten gewählten Ansätzen (HARTWICH et al. 1995a, CAPELLE et al. 1997, FLECK 1999, RAU 2000, RIEK 2004). Prinzipiell wird hier nach einem konkreten Bodenprofil gesucht, welches für einen flächenhaft verbreiteten Leitboden oder für eine Leitbodenform als typisch gelten kann. Als Repräsentativitätskriterium wird folglich die inhaltlich-systematische sowie die regionale Nähe zwischen einer konkret erhobenen Punktbodenform und einer flächenbeschreibenden Bodenform herangezogen. Wenngleich der Zusammenhang zwischen dem Flächendaten-spektrum und den Kategorien Leit- und Begleitbodenform sicher unstrittig ist, bleibt zu hinterfragen, inwieweit ein singulärer Profil- bzw. Analysendatensatz für die Verhältnisse in einer Vielzahl von Kartiereinheiten (i.S. von Einzelflächen) repräsentativ sein kann. Eine Repräsentativitätsannahme ist aber nur dann begründet, wenn das Leitprofil mit der zu beschreibenden Fläche in einem direkten räumlichen und inhaltlichen Zusammenhang steht (→2.3.4) oder sich durch eine Gruppe von vergleichbaren Profilen (→2.3.5) statistisch belegen lässt.

Die Kritik an diesem Ansatz erklärt sich folglich aus dem Umstand heraus, dass der profil- und horizontcharakterisierende und stoffbeschreibende Datenhintergrund auf ein Einzelprofil reduziert wird. Die hohe Anwendungsrate dieser Ableitungsmethode beruht auf dem oft begrenzten Umfang von auswertbaren (harmonisierten) Datenbeständen sowie den hohen personellen und finanziellen Ressourcen, die Datenbestände auszuweiten. Als Vorzug dieses Ansatzes kann gelten, dass sich mittels Leitprofilen regionale Besonderheiten leichter herausstellen lassen. Leitprofile haben i.d.S. eher einen exemplarischen und weniger einen repräsentativen Charakter.

2.3.2 Haupt- und Lokalbodenformen

Das Konzept von Haupt- und Lokalbodenformen fand in der landwirtschaftlichen und findet in der forstwirtschaftlichen Standortkartierung Ostdeutschlands Anwendung. In beiden Fällen handelt es sich um kartier- bzw. flächenbezogene Kennzeichnungssysteme. Die Hauptbodenformenliste wurde für beide Bereiche übergreifend abgestimmt (LIEBEROTH et al. 1967, LIEBEROTH et al. 1991). Ziel dieser Liste war es, Böden zu gruppieren, die in ihren wesentlichen Merkmalen (wie bodenbildendes Substrat, Pedogenese und Horizontfolge in den oberen 8–12 dm) weitgehend übereinstimmen und vergleichbare ökologische Eigenschaften besitzen. So konnten auch bodensystematische Einheiten unterschiedlicher systematischer Niveaus zusammengefasst werden, sofern die abweichenden Merkmale eine untergeordnete Bedeutung besaßen.

Die Unterschiede zwischen der land- bzw. forstwirtschaftlichen Kartierung zeigten sich im Grad der Umsetzung des Konzeptes von Haupt- und Lokalbodenform.

In diesem System wird die Notwendigkeit einer Hierarchie von flächenbeschreibenden Bodenformen erkannt und entworfen. In der forstlichen Kartierung Ostdeutschlands ist das Haupt- und Lokalbodenformenkonzept konsequent umgesetzt. Die abgestimmte Hauptbodenformenliste wird durch die Lokalbodenformen⁷ unteretzt. Petrographische Besonderheiten, abweichende Bodenarten im Oberboden oder Entkalkungstiefen dienen als differenzierende Kriterien für die Ebene der

⁷ Oft wird für die Lokalbodenform auch das Synonym Feinbodenform verwendet.

Lokalbodenformen (KOPP 1969, SCHWANECKE 1966). Eine spezifische, aber regelmäßige Kombination der Untersetzungsmerkmale führt zu einer Lokalbodenform, die ihren Namen nach dem Ort des aufgenommenen Taufprofils erhält. Böden mit gleicher Merkmalskombination werden dann unabhängig ihrer Lokalisation mit dieser Lokalbodenform gekennzeichnet.

Unterschiede bestehen in der Namensgebung zwischen den Lokalbodenformen der Tieflands- bzw. Mittelgebirgsgebiete. In Letztere fließt das Bodenausgangsgestein mit in die Namensgebung ein (z.B. Rauchlauer Granit Braunerde).

Der Katalog der Lokalbodenformen umfasst mehrere hundert Bodenformen (SCHULZE & KOPP 1998) und besitzt einen offenen Charakter, der sich über den Kartierfortschritt füllt bzw. verdichtet. Eine Reihe von Hauptbodenformen sind noch nicht mit Lokalbodenformen untersetzt. Bis zur Stützung durch ein kartiertes Taufprofil beruhen diese Hauptbodenformen auf einer hypothetischen Annahme.

Im Kern verfolgt die forstliche Standortkartierung einen Musterprofilansatz, der vergleichbar mit den Musterstücken der Bodenschätzung ist. Im Unterschied zum Leitprofil-Ansatz erfolgt hier die Verdichtung der Lokalbodenformen durch eine Vielzahl von Belegprofilen.

Ihr Vorteil liegt in der Offenheit und der Komplexität des Systems sowie in ihrem direkten Anwendungsbezug. Als nachteilig muss die Überschaubarkeit (Anzahl von Lokalbodenformen) und die eingeschränkte inhaltliche Kompatibilität mit anderen systematischen Kennzeichnungssystemen wie der KA4 (AG Boden 1994) oder mit dem Band 86 (AK BODENSYSTEMATIK 1998) angesehen werden.

Für die landwirtschaftliche Kartierung wurde dieses System weit weniger detailliert ausgebaut. So findet sich die Liste der Hauptbodenformen in der TGL 24300 (1987) wieder und erhielt damit Normencharakter. Für die Ebene der Lokalbodenformen kam es aber zu keiner verbindlichen Regelung. Im Falle der PRODAT⁸ (CRONEWITZ 1983, LIEBEROTH et al. 1980) wurden die aufgenommenen Profile in ihrer punktbezogenen systematischen Kennzeichnung belassen und dann der übergeordneten Ebene der Hauptbodenform zugewiesen. Ein hierarchisches System i.S. der forstlichen Standortkartierung existiert jedoch nicht.

2.3.3 Musterprofile (Bodenschätzung)

Die Bodenschätzung wurde zur Absicherung der Steuergerechtigkeit in der landwirtschaftlichen Bodennutzung eingeführt (BodSchätzG 1934; Rösch & Kurandt 1941). Im Ergebnis entstand der größte bodenkundliche Flächendatensatz Deutschlands. Durch die Einfachheit des Systems konnte ein hoher Flächendeckungsgrad und auch eine hohe Vergleichbarkeit erzielt werden. Die Bodenschätzung verfügt über einen hierarchischen Aufbau (→Abbildung 1).

Die große Anzahl an Bohrlöchern, Grablöchern sowie Vergleichs- und Musterstücken war aber nur abzusichern, da die erhobenen Parameter auf Schätzungen beruhen. Da die Bodenschätzer weitgehend ohne analytische Befunde auskommen mussten, besitzen die Schätzungsergebnisse einen hohen subjektiven Faktor. Aus heutiger Sicht erschwert der eingeschränkte Parameterkatalog eine über die steuerlichen Aspekte hinausgehende Auswertung der Bodenschätzung.

In methodischer Hinsicht besitzt die Bodenschätzung Bezüge zu mehreren Ansätzen. Die Muster- und Vergleichsstücke entsprechen Leitprofilen, die zu Eichzwecken angelegt werden. Sie sollen wichtige und typische Böden repräsentieren, beschreiben und bewerten (BODSCHÄTZTECHNANW 1935). Die Festsetzung der Muster- und Vergleichsstücke erfolgt nach empirischen Kriterien. Für das Land Brandenburg existieren derzeit 222 Musterstücke und schätzungsweise 10 000 Vergleichsstücke (MORSTEIN 2004).

Die bestimmenden Grablöcher haben hingegen den Charakter von Mittelwertsprofilen. Sie sollen, in Auswertung der Bohrbefunde, das Durchschnittsprofil einer Klassenfläche repräsentieren. Die Grablöcher haben für das Land Brandenburg einen Umfang von ca. 1 Mio. Profildatensätzen.

Für das Verfahren „Bodenschätzung“ ist das Prinzip namensgebend. Die Angaben zu Bodenart, Humusgehalt u.w.m. haben überwiegend Schätzcharakter. Sie lassen sich aufgrund abweichender

⁸ PROFILDAT^{ei} des Datenspeichers Boden

Klassengrenzen nur bedingt mit den Werteklassen der KA4 (AG BODEN 1994) übertragen. Die Vorzüge und Nachteile dieses Verfahrens sind andernorts (PFEIFFER et al. 2003) hinreichend beschrieben. Die überaus große Bedeutung der Bodenschätzung kann daran gemessen werden, dass sie immer wieder in verschiedenste Bewertungsverfahren als Datenquelle eingebaut wird (BENNE et al. 1990, JESSEL et al. 2000).

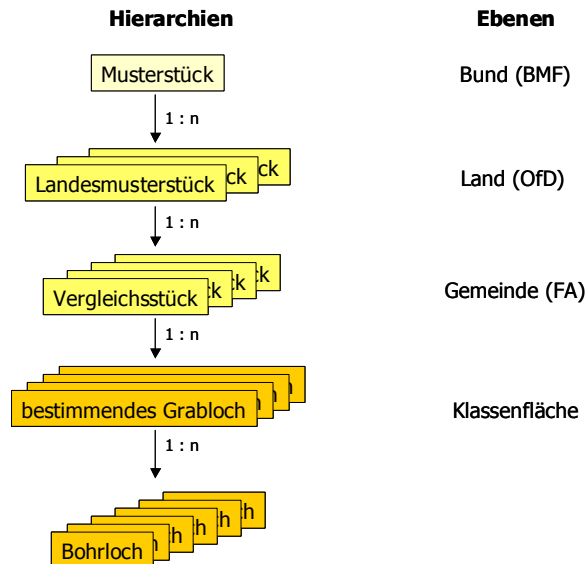


Abbildung 1: Hierarchischer Aufbau der Bodenschätzung (nach PFEIFFER et al. 2003; verändert)

2.3.4 Räumliche Verknüpfung von Punkt- und Flächeninformationen

Dieses Regionalisierungsverfahren beruht auf dem Ansatz, die innerhalb einer diskreten Fläche oder eines Flächentyps (z.B. Kartiereinheit oder Legendeneinheit) lokalisierten Punktbodenformen direkt für die Flächeninhaltsbeschreibung heranzuziehen. Der Vorteil dieses Verfahrens besteht in der hohen inhaltlichen Schärfe für die abgeleiteten Daten, da sich flächenspezifische oder regionale Besonderheiten (z.B. Nutzungsart, Deckschichtenmächtigkeit etc.) in direkter Weise berücksichtigen lassen.

Eine Realisierung dieses Ansatzes ist aber gleichermaßen an eine Reihe von Voraussetzungen gekoppelt. Zum Einen ist eine ausreichende Anzahl von Punktdaten pro flächenbeschreibender Kategorie (z.B. Kartiereinheit oder Legendeneinheit) abzusichern, die in einem auswertbaren (harmonisierten) Zustand und mit einem Parameterdatensatz bestückt vorliegen müssen. Zum Anderen besteht die Forderung, dass die betreffenden Punktdaten die zu kennzeichnenden Areale inhaltlich ausreichend gut beschreiben müssen. Damit ist eine indirekte Abhängigkeit zum Zielmaßstab gegeben, da das inhaltliche Spektrum und das systematische Kennzeichnungsniveau sich zwischen den Maßstabsebenen verschiebt (→Abbildung 2).

In diesem Sinne resultiert aus dem Kriterium „Punkt in Fläche“ noch kein Repräsentativitätsbeweis. So kann ein erhobener Punktdatensatz mit seinem Lagebezug die Inhalte einer Fläche in dem einen Maßstab treffen, in einem anderen Maßstab aber nicht.

Für diesen Ansatz muss die Punktdatenerhebung ursächlich für einen definierten, zielmaßstabsabhängigen Flächendatensatz angelegt sein. Diese Voraussetzung ist beispielsweise für die Bodenschätzung mit den Grablochbeschrieben (BODSCHÄTZTECHNANW 1935) und in Teilen auch für die Forstliche Standortskartierung mit den Lokalbodenformen erfüllt (SCHULZE & KOPP 1996). Diese Daten liegen jedoch nicht in digitaler und georeferenzierter Form vor. Für landesbezogene Flächendaten ist dieser direkte Bezug zwischen Punkt- und Flächeninformation im Regelfall nicht gegeben. Es ist daher unverzichtbar, auch auf Punktinformationen zurückzugreifen, die z.T. in ihrem thematischen Hintergrund sehr verschieden sein können. Die im laufenden Kartierprozess aufgenommenen Punktdaten dienen häufig der Referenzierung der bodenkundlichen Inhalte von Konzeptkartenentwürfen sowie der Informationsverdichtung in Problemgebieten. Eine Flächenkar-

tierung i.e.S., die eine flächengewichtete Punktdatenerhebung einschließt, ist aus fachlicher Sicht zwar anzustreben, in der gegenwärtigen finanziellen und personellen Situation aber schwer vorstellbar.

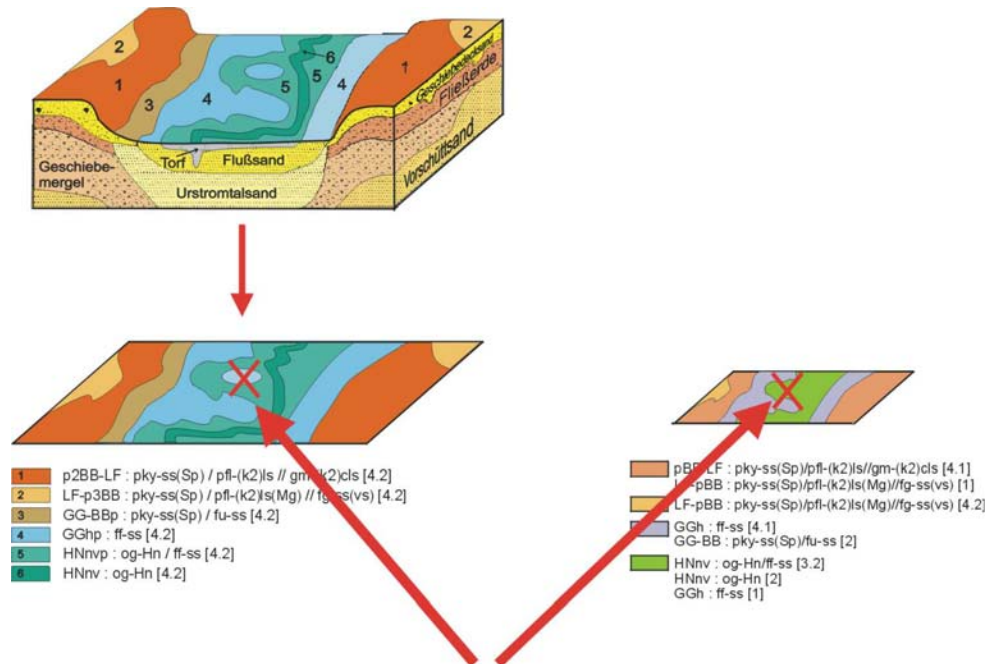


Abbildung 2: Maßstabsbezogene Abhängigkeit der Flächenrepräsentativität von Punktbodenformen (nach KÜHN 1996)

Die Abbildung 3 zeigt jene Flächen, die auf der Basis der Polygone der Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg im Maßstab 1:300 000 (BÜK 300), mindestens ein aufgenommenes Punktpprofil beinhalten. Dieser Verschnitt erfolgte zunächst ohne eine Prüfung des repräsentativen Charakters der Punktdaten für die jeweilige Fläche. Der mit dieser Methode zu erzielende Flächendeckungsgrad ist als unzureichend einzustufen. So lässt sich gegenwärtig für die horizont- und profilbeschreibenden Daten ein direkter Bezug zwischen Punkt- und Flächendaten nur für 42 % der Kartiereinheiten (Einzelflächen) realisieren. Wird der Datenbestand auf jene Profile eingengt, für die auch Analysendaten verfügbar sind, so reduziert sich das Verschneidungsergebnis auf unter 20 % der Landesfläche. Eine Repräsentativitätsprüfung würde dieses Ergebnis noch weiter einschränken.

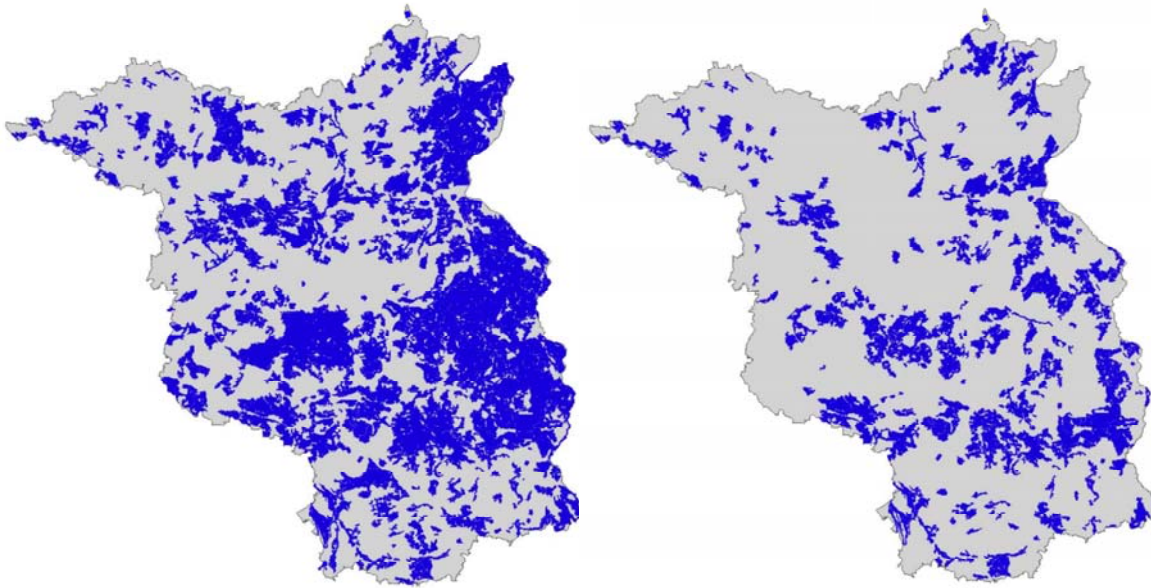


Abbildung 3: Ergebnis der räumlichen Verknüpfung zwischen Punkt- und Flächeninformationen, Basis BÜK 300 Brandenburg; links Flächen mit Profildaten, rechts Flächen mit analysenbelegten Profildaten (Stand 04/04)

Es ist jedoch herauszustellen, dass dieser Ansatz nicht methodisch in Frage gestellt wird. Bei größeren Datendichten kann dieser Ansatz sehr wohl eine hohe Ableitungssicherheit gewährleisten. Für das Land Brandenburg sind die hierfür erforderlichen Datenumfänge aber weder gegenwärtig gegeben, noch mittelfristig zu erwarten.

Als Kriterium für die Anwendbarkeit dieses Ansatzes kann das Verhältnis repräsentativer Punkte pro Fläche (Kartiereinheit) oder Punktdichte pro definierter Flächeneinheit (z.B. PBF/km²) fungieren. Hierbei ist offen, ab welchem Verhältnis die Punktdatendichte als ausreichend angesehen werden kann, da auch diese maßstabsabhängig ist. Die geostatistischen Ansprüche bewegen sich in Abhängigkeit der Parameter zwischen 0,2 bis 1 ha pro Messpunkt (HENNING 1991, HINDEL et al. 1995). KÜHN (1996) fordert mindestens 1000 Punktaufnahmen für eine Bodenkarte im Maßstab 1:50 000 (BK 50). Vorbehaltlich einer räumlichen Gleichverteilung müsste dann auf ca. 45 ha ein erhobenes Profil kommen. Für die gesamte Landesfläche wären in diesem Falle ca. 68 000 Profilaufnahmen zu erwarten. Tatsächlich ist dieses Verhältnis für die Landesfläche, mit Ausnahme der aktuell bearbeiteten BK 50 Blätter Potsdam (BAURIEGEL et al. 1997b) und Königswusterhausen (HANNEMANN 2004, i. Vorb.), deutlich ungünstiger. In Abhängigkeit der gestellten Qualitätskriterien für die einzubindenden Daten liegt hier das Verhältnis zwischen 210 und 680 ha pro Punktinformation. Durch die fehlende räumliche Gleichverteilung der Punktdaten (→Abbildung 4), ist real ein noch weiteres Verhältnis anzunehmen. Da schon die nominelle Flächenanzahl des Zieldatensatzes ($n_{KE}=14\,287$) die Anzahl relevanter und auswertbarer Punktaufnahmen ($n_{PBF}=ca.6200$), unabhängig von Repräsentativitätskriterien, deutlich übersteigt (→Kapitel 4), erscheint dieser Regionalisierungsansatz gegenwärtig nicht realisierbar.

Der relativ geringe Verknüpfungserfolg (→Abbildung 3) sowie die geringen Datendichten pro Kartiereinheit (→Abbildung 4, links) ist auch eine Folge der hohen Flächenanzahl ($n_{KE}=14\,287$) sowie der niedrigen mittleren Flächengröße ($\bar{x} = 94$ ha) des Zieldatensatzes. Mit steigender mittlerer Flächengröße und sinkender Flächenanzahl (z.B. BÜK 1000), erhöht sich aus formalen Gründen der Verknüpfungserfolg und die Datendichten der Kartiereinheiten (→Abbildung 4, rechts), ohne dass sich der Umfang der punktbezogenen Eingangsdaten verändert. Die Aussagekraft für das Bewertungsziel, die mittleren Eigenschaften der bodenkundlichen Inventare zu charakterisieren, wird dadurch aber nicht spezifischer.

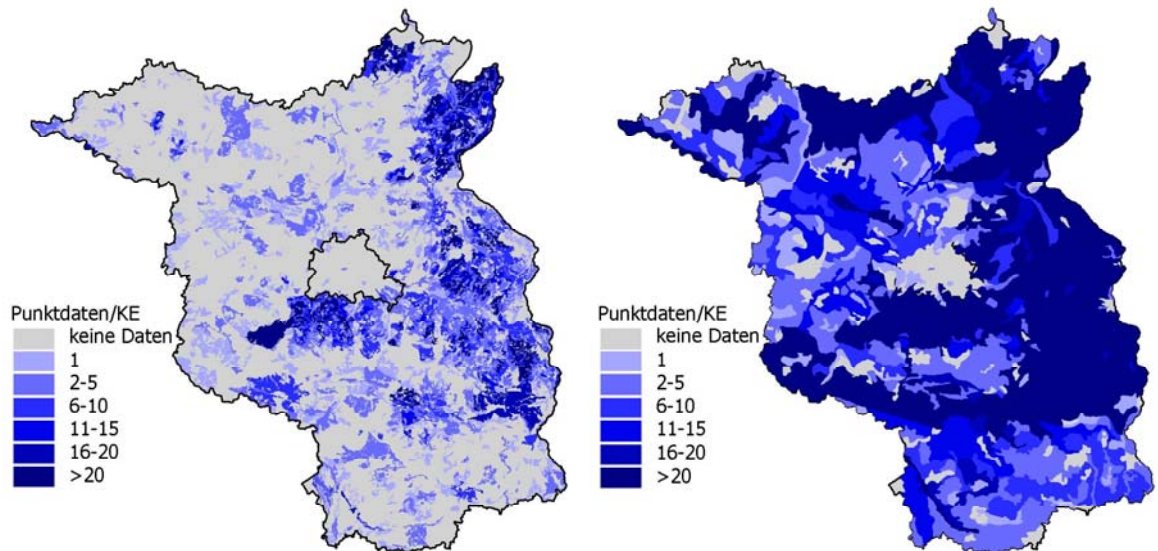


Abbildung 4: Datendichten bei einer räumlichen Verknüpfung von Punkt- und Flächeninformationen bezogen auf die Flächendatensätze zur BÜK 300 (links) und BÜK 1000 (rechts)

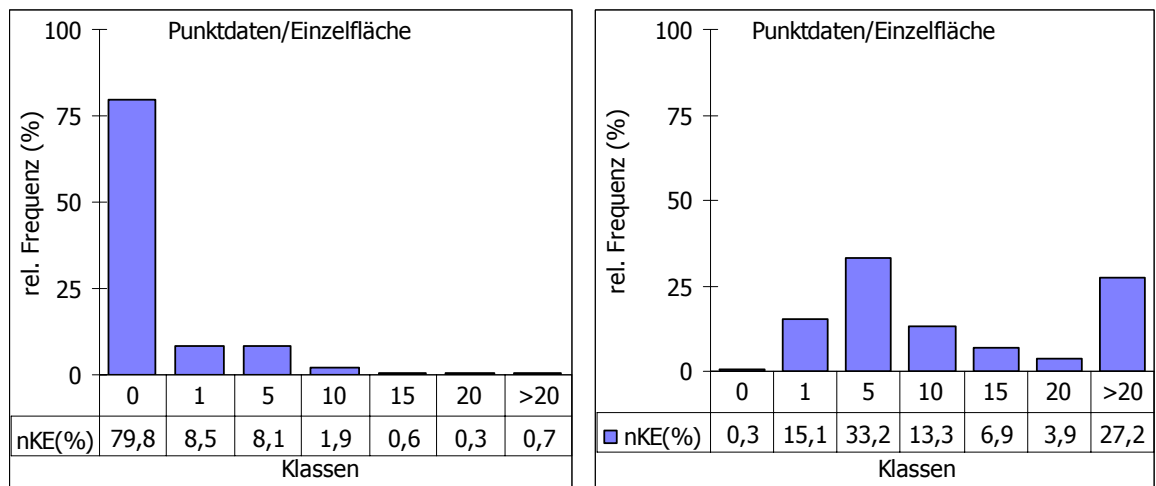


Abbildung 5: Datendichten bei einer räumlichen Verknüpfung von Punkt- und Flächeninformationen bezogen auf die Flächendatensätze zur BÜK 300 (links) und BÜK 1000 (rechts)

2.3.5 Inhaltliche Verknüpfung von Punkt- und Flächeninformationen

In diesem Ansatz erfolgt die Verknüpfung zwischen Eingangs- und Zieldatensatz nicht über einen räumlichen (Punkt-Polygon) Bezug (→2.3.4), sondern über die inhaltlich-systematische Ähnlichkeit. Für die Parametrisierung werden Punktdaten benötigt, die in ihrer systematischen Kennzeichnung und ihren Merkmalen den Flächenbodenformen nahe stehen. Voraussetzung ist aber, dass innerhalb des definierten Betrachtungsraumes⁹ für jede Flächenbodenform mindestens eine direkte Entsprechung als Punktbodenform existiert. Für den Fall, dass sich eine Flächenbodenform nicht mit mehr als einer Punktbodenform verknüpfen lässt, ist aus statistischer Sicht die Ableitungssicherheit für die Parameterwerte nicht höher als bei einem Leitprofil. Insofern ähneln sich beide

⁹ Der Betrachtungsraum kann, in Abhängigkeit von der Zielstellung, eine Bodenlandschaft, ein Verbreitungsgebiet oder ein gesamtes Kartiergebiet umfassen.

Ansätze. Allerdings werden hier die Profile (PBF) nicht ursächlich zu diesem Zweck angelegt, sondern aus davon oft unabhängig erhobenen Datenbeständen herausgefiltert (DÜWEL et al. 1997).

Eine Analyse der Häufigkeiten von systematisch vergleichbaren Punktbodenformen (i.S. KA4 bzw. Band 86) innerhalb der Eingangsdaten führt zu einem unbefriedigenden Ergebnis (→Abbildung 6). Es zeigt sich, dass offenbar nur eine geringe Anzahl von Bodenformen innerhalb der Eingangsdaten mehrfach vertreten ist. Die Mehrzahl der Fälle besitzt hingegen einen singulären Status.

Die Ursachen hierfür liegen hauptsächlich in den umfangreichen Kombinationsmöglichkeiten der aktuellen Systematik, an dem differenzierten Kennzeichnungsziel der Punktaufnahmen (→Kapitel 4) und im landschaftlichen und substratbezogenen Inventar Brandenburgs (→Kapitel 3).

Die Unterschiede im systematischen Kennzeichnungsniveau zwischen den originären Eingangsdaten (PBFa) und den Zieldaten (FBF) lassen quasi keine Verknüpfungen ($<1\%$) zu. Auch eine Generalisierung der profilbezogenen Eingangsdaten führt nur zu einem unzureichenden Verknüpfungserfolg ($19\%^{10}$) mit den Zieldaten. Insofern dokumentiert sich in der Abbildung 6 die Schwierigkeit, ein definiertes Bodenformenspektrum (Ziel Datensatz) mit einer ausreichenden Stichprobenanzahl an Eingangsdaten zu repräsentieren.

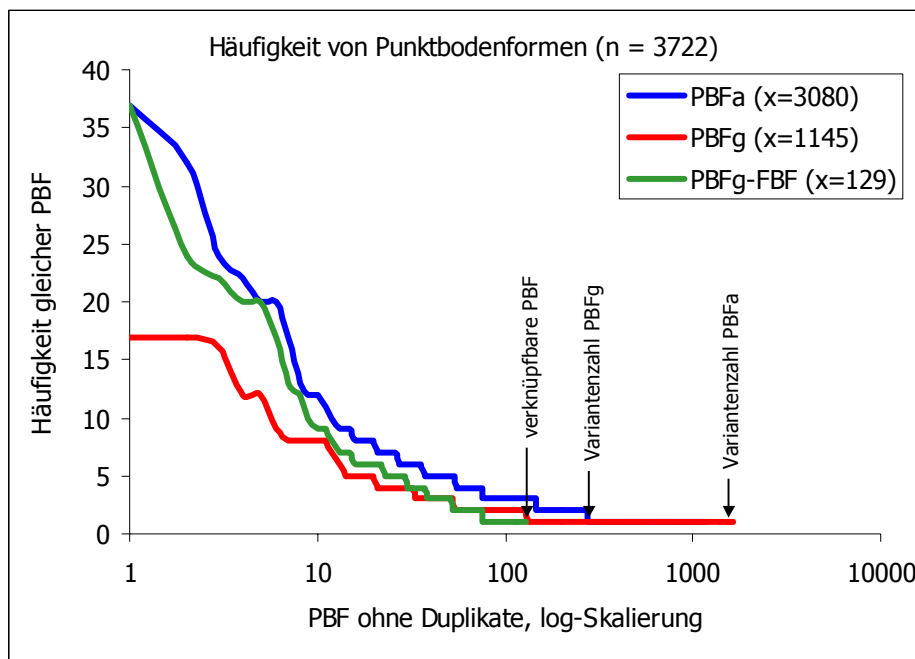


Abbildung 6: Sortierte Häufigkeitsverteilung von systematisch identisch gekennzeichneten Punktbodenformen in den Punktdatenbanken des LGRB (PBFa = Ausgangsdaten), von generalisierten Punktdaten (PBFg) und von mit den Zieldaten (FBF) verknüpfbaren Punktdaten (PBFg-FBF)

In Bezug auf das Verknüpfungsziel von Punkt- und Flächeninformationen ist jedoch zu berücksichtigen, dass die dokumentierte Häufigkeit einer Punktbodenform noch keine Aussage zur deren realen Häufigkeit und Verbreitung innerhalb der Bodendecke zulässt. Das Inventar von Punktdatenbanken kann immer nur eine (exemplarische) Stichprobe innerhalb einer Grundgesamtheit beinhalten. Der Verteilungstyp verändert sich aber auch nicht bei der Betrachtung einer relativen Grundgesamtheit wie dem bodenformenbezogenen Gesamtinventar zur BÜK 300 des Landes Brandenburg. Ein möglicher Ausdruck für das Gesamtinventar ist die Flächenhäufigkeit (Frequenz) der legendenbeschreibenden Bodenformen (Flächenbodenformen) im Zieldatensatz. Hierfür werden die flächenbeschreibenden Bodenformen (FBF₃₀₀) der Legendeneinheiten zur BÜK 300 auf die Einzelflächen des Flächendatenbestandes umgelegt und in der Häufigkeit ihres theoretischen Auftretens

¹⁰ Datenstatus 04/04

analysiert (→Abbildung 7). Diese Häufigkeiten haben zunächst hypothetischen Charakter, da die legendenbeschreibenden Bodenformen nicht in jeder, einer Legendeneinheit zugewiesenen, Einzelfläche auftreten müssen¹¹. Dennoch zeichnen sich in dieser Verteilung die inventarbezogenen Häufigkeiten bestimmter Flächenbodenformen ab. Auch hier zeigt sich der Umstand, dass Bodenformen mit einer hohen Frequenz innerhalb des Gesamtinventars eher selten sind und Bodenformen mit einer geringen Frequenz häufig auftreten.

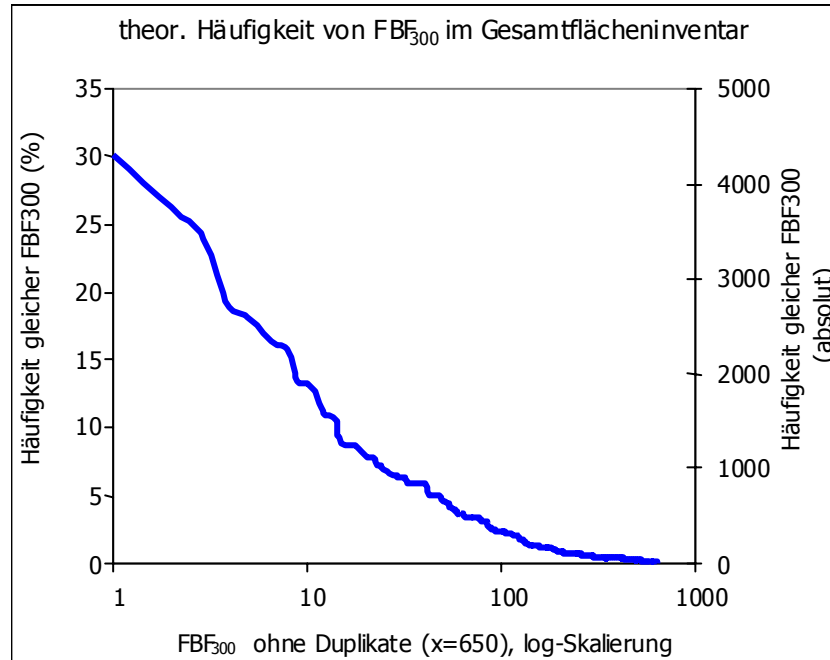


Abbildung 7: Theoretische (sortierte) Häufigkeit von Flächenbodenformen im Gesamtflächeninventar der BÜK 300 des Landes Brandenburg

Unter Berücksichtigung der Prüfkriterien Verknüpfungserfolg¹² mit dem Zieldatensatz und der Belegungsdichte¹³, führt dieser Ansatz auf Basis des derzeit verfügbaren Datenbestandes zu keinem befriedigenden Ergebnis.

2.3.6 Ansatz Horizont-Substrat-Kombination (HSK)

Prinzip dieses Ansatzes ist es, die Kategorien Punkt- und Flächenbodenform nicht in der Profilebene, sondern in der Horizontebene zu verknüpfen. Ziel dieses Ebenenwechsels ist es, die Zugriffsrates auf relevante Datensätze zu erhöhen, da bei den Datenabfragen nicht auf die spezifischen, niveauabhängigen profilbezogenen Zusammenfassungen Rücksicht genommen werden muss. Dadurch wird die Einbeziehung einer größeren Zahl von Profildatensätzen inklusive ihrer Schicht- und Analysendaten möglich.

Die fachliche Berechtigung für dieses methodische Vorgehen ergibt sich aus der Annahme, dass Horizont-Substrat-Kombinationen aus gleichem Substrat, gleichem Ausgangsgestein und mit gleicher Pedogenese wiederum vergleichbare Eigenschaften besitzen und damit miteinander auswert-

¹¹ Eine Legendeneinheit muss inhaltlich ein breiteres Spektrum abdecken bzw. zusammenfassen als eine Einzelfläche. Die Aussagesicherheit zum Auftreten einer bestimmten Bodenform hängt vom Maß an qualitativen Flächeninformationen zu einer konkreten Einzelfläche und vom Zusammenfassungsgrad der Legendeneinheit ab.

¹² Der Verknüpfungserfolg kennzeichnet den Umfang (absolut oder relativ) an Zieldaten, die über die Eingangsdaten beschrieben werden können.

¹³ Die Belegungsdichte beschreibt die Anzahl an spezifischen Eingangsdaten, mit der ein konkreter Zieldatensatz verknüpft werden kann.

bar sein müssen.

Erstmals wurde dieser Ansatz von VETTERLEIN (1986) für die Ableitung bodenphysikalischer Parameter auf Grundlage von Substrat-Horizont-Gruppen genutzt.

In einem ersten Schritt erfolgt die Zerlegung der Profildaten in ihre einzelnen Horizont-Substrat-Kombinationen (→Abbildung 8).

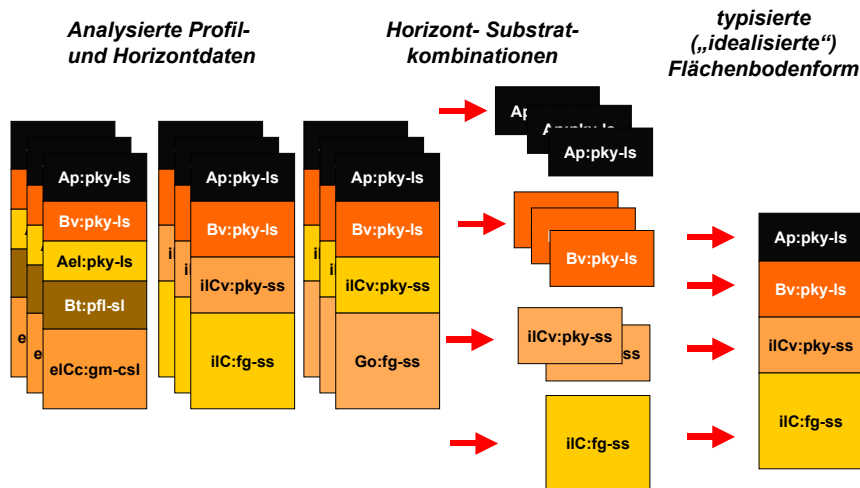


Abbildung 8: Methodischer Ansatz der Horizont-Substrat-Kombination (HSK)

Ziel dieser Segmentierung ist es, Gruppen von HSK zu bilden, die eine statistische Betrachtung und die Ableitung mittlerer Eigenschaften zulassen. Der so entstandene Pool an HSK-Varianten soll auch die Charakterisierung von Flächenbodenformen ermöglichen, die noch nicht über ein konkret beschriebenes Punktprofil belegt sind, aber dennoch mit einer hohen Wahrscheinlichkeit auftreten.

Diese „hypothetischen“ Bodenformen entstehen durch die Auswertung und Synthese verschiedener Punkt- und Flächendaten. Die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens ergibt sich durch das Ergebnis der Verschneidung der verschiedenen Datengrundlagen. Bis zur Bestätigung durch ein reales Profil behalten diese Bodenformen ihren hypothetischen Charakter.

Die Konstruktion eines idealisierten Profils erfolgt dann aus den Segmenten der HSK. Da die HSK sich aus gemittelten Angaben mehrerer Ausgangsdaten ableiten, ist ein konkreter Profilbezug nicht mehr unmittelbar gegeben. Das Prinzip von Horizont- bzw. Substratgruppen wurde bereits von VETTERLEIN (1986), ZEITZ (1992), RIECK et al. (1995), BAURIEGEL (2000) und DEHNER et al. (2001) mit unterschiedlicher Zielstellung genutzt.

3 Flächendatenanalyse

In diesem Kapitel wird die Frage aufgegriffen, aus welchen Datenquellen sich der Umfang und das Spektrum der flächenbeschreibenden Bodenformen ableiten lässt. Diese Frage ist insofern von Bedeutung, da sich die Punktbodenformen (konkreten Eingangsdaten) von den Flächenbodenformen (idealisierte Zieldaten) in ihrem inhaltlichen Spektrum und ihren Datendichten voneinander unterscheiden.

Die Bildung von flächenbeschreibenden Bodenformen erfolgt i.d.R. auf indirektem Wege durch die Verschneidung und Bewertung verschiedener flächen- und punktbezogener Informationsgrundlagen. Die Zuverlässigkeit der flächenbeschreibenden Bodenformen wird von der Quantität und der Qualität der verfügbaren Informationsmenge bestimmt.

Der Bestand an Punktbodenformen beeinflusst mit seiner Datendichte und seiner Datenqualität die Ableitungs- bzw. Aussagesicherheit der Flächenbodenformen (FBF). D.h., die idealisierten FBF müssen an den Punktbodenformen (PBF) referenziert werden. Nur aus Letzterem lassen sich nachvollziehbar die Horizont- und Substratabfolgen der FBF inhaltlich ableiten und verrechenbare Wertekollektive zusammenstellen. Die inhaltlichen Verhältnisse in den punktbezogenen Eingangsdatenquellen können aber i.d.R. nicht das flächenbezogene Zieldatenspektrum widerspiegeln.

Die Flächendaten geben den systematischen Kennzeichnungsrahmen für die Flächenbodenformen vor, während die Punktdaten zu deren inhaltlicher Untersetzung herangezogen werden. Das Inventar eines Flächenbodenformenarchivs¹⁴ muss sich daher aus dem Flächendatenspektrum des Zieldatensatzes und dessen Kategorien, wie z.B. Kartiereinheit oder Legendeneinheit¹⁵, ableiten. Diese können das bodenkundliche Inventar für den Betrachtungsraum (z.B. Land Brandenburg) umfassender repräsentieren als die „Stichprobe Punktdaten“.

Es besteht folglich ein Wechselspiel zwischen:

(konkreter) Punktbodenform \Leftrightarrow (idealisierter) Flächenbodenform

Die Erstellung einer reproduzierbaren Liste von Flächenbodenformen für einen bestimmten Zieldatensatz (z.B. Flächenbodenformenarchiv BÜK 300) erfordert eine eingehende Analyse des Flächendatensatzes selbst. Art, Umfang und Spezifität einer derartigen Analyse sind in erster Linie abhängig von der inhaltlichen und räumlichen Auflösung der zu bewertenden Daten.

Eine Flächendatenanalyse ist für die eigentliche Parameterisierung der flächenbezogenen Profil- und Horizontdaten zwar selbst nicht zwingend notwendig, wohl aber für die spätere Prüfung der flächenbezogenen Ableitungsergebnisse hinsichtlich ihrer Repräsentativität und Aussagesicherheit.

Ziel dieses Kapitels ist, analytische Instrumente vorzustellen, die Aussagen über die inhaltliche Flächendatenstruktur ermöglichen und damit die Bewertung der Ableitungsergebnisse unterstützen.

Die Fragen der räumlichen und inhaltlichen Heterogenität und Struktur der Bodendecke waren bereits Gegenstand in einer Reihe von Arbeiten zur Landschaftsforschung und Bodengeographie u.a. von HAASE & SCHMIDT (1970), FRIDLAND (1972), SCHMIDT & HAASE (1980), HOLE & CAMPBELL (1985) SCHMIDT (1985). Die bestehenden Ansätze sollen im Folgenden aufgegriffen und um eigene Aspekte erweitert werden.

Der Schwerpunkt soll in der Betrachtung und Bewertung der inhaltlichen Heterogenität liegen.

¹⁴ Ein Flächenbodenformenarchiv umfasst die flächenbeschreibenden Bodenformen (Liste) für einen bestimmten Zieldatensatz, z.B. BK50 oder BÜK300. Die Archive unterscheiden sich voneinander durch die maßstabsabhängigen Anforderungen inhaltlicher Spezifität. Die Archive sollten miteinander über Hierarchien verknüpft sein.

¹⁵ Die Kategorien werden im Abschnitt 3.1.1. näher erläutert.

3.1 Methodische und inhaltliche Grundlagen zur BÜK 300 des Landes Brandenburg

Die aktuellen Flächendaten des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (LGRB) werden auf drei miteinander verknüpften Niveaus digital vorgehalten (→Abbildung 9). Für die Flächendaten wird das Konzept des Einzelflächenbeschriebes verfolgt. Dieser Ansatz sieht die bodenkundliche Charakterisierung jeder singulären Fläche (Kartiereinheit) durch einen eigenen bodenkundlichen Inventarbeschrieb vor (KÜHN 1996). Dadurch ergibt sich für die Analyse des Datenbestandes zur BÜK 300 die Möglichkeit, eine Bewertung nicht einzig auf die legendenbeschreibenden Bodenformen der Blattlegendeneinheiten zu reduzieren, sondern auch auf die Einzelflächen und deren fachliche Aggregationen (Generallegendeneinheiten) zurückzugreifen.

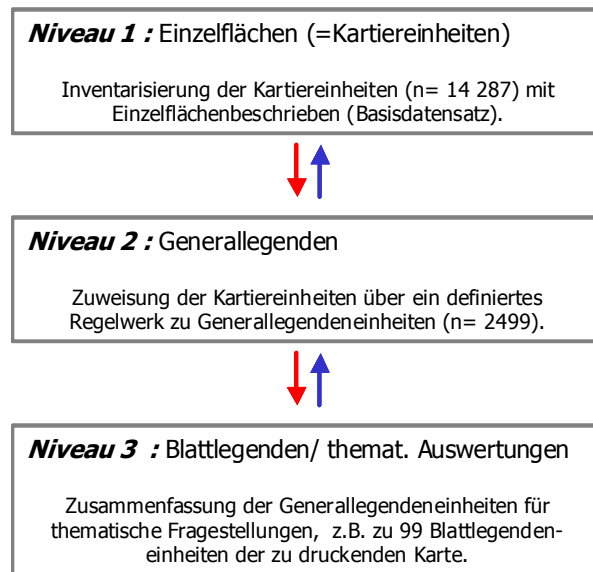


Abbildung 9: Inhaltliche Niveaus der Flächendaten am Beispiel der BÜK 300 für das Land Brandenburg

Dieses Flächendatenkonzept greift den methodischen Ansatz der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (SCHMIDT & DIEMANN 1974, 1981) auf, in der ebenfalls verschiedene flächenbeschreibende Informationsniveaus zur Anwendung kommen (Dokumentationsblatt A, Standortregionaltyp, Standorttyp und Standortgruppe).

Der Zugriff auf die verschiedenen Niveaus erlaubt somit detailliertere Analysen zur inhaltlichen und räumlichen Struktur der Flächendaten und damit auch spezifische Aussagen zur Verbreitung und zur Repräsentanz der Flächenbodenformen.

Die nachfolgende Kurzcharakteristik der Kategorien der Flächendaten soll das Verständnis der Flächendatenanalyse erleichtern. Weiterführende Darstellungen, auch zu den methodischen Prinzipien der Flächendatengewinnung und –beschreibung finden sich in KÜHN (1996).

Die im Folgenden erläuterten Kategorien bilden zugleich das Gerüst der Datenstrukturen in den Flächendatenbanken des LGRB.

Die unterste Flächeneinheit stellt die **Flächenbodenform** (→2.1.1, →Abbildung 10) dar. Die Flächenbodenform (FBF) ist Teil einer Bodengesellschaft und besitzt daher nicht den Status einer diskret abgrenzbaren Fläche. Die Flächenbodenform entspricht der Elementary Soil Area i.S. von FRIDLAND (1976). Zusammen mit anderen FBF charakterisiert sie mit ihrem Auftreten und über ihren relativen Flächenanteil das bodenkundliche Inventar von Kartiereinheiten oder von Legendeneinheiten (KÜHN 1996). In Abhängigkeit vom Maßstabsbereich und vom systematischen Kennzeichnungs-niveau des Zieldatensatzes bildet sie ein nicht weiter differenzierbares, weitgehend homogenes Bodenareal (HANNEMANN et al. 1999).

Die **Kartiereinheit** (KE) entspricht einer abgegrenzten Einzelfläche. Sie bildet die räumliche Basiseinheit des Flächendatensatzes. Der **Flächendatensatz** umfasst alle inhaltlichen und räumlichen Informationen von den Einzelflächen bis hin zu den Legendeneinheiten. Im Unterschied zu anderen Flächendatensätzen (z.B. MMK, SCHMIDT & DIEMANN 1974) entspricht hier die Kartiereinheit einer konkreten Einzelfläche und nicht der Zusammenfassung mehrerer Einzelflächen mit ähnlicher bodenkundlicher Konfiguration. Eine Kartiereinheit kommt in ihrer räumlichen wie inhaltlichen Konfiguration nur einmal vor und stellt die Eineindeutigkeit innerhalb des Datenbestandes her.

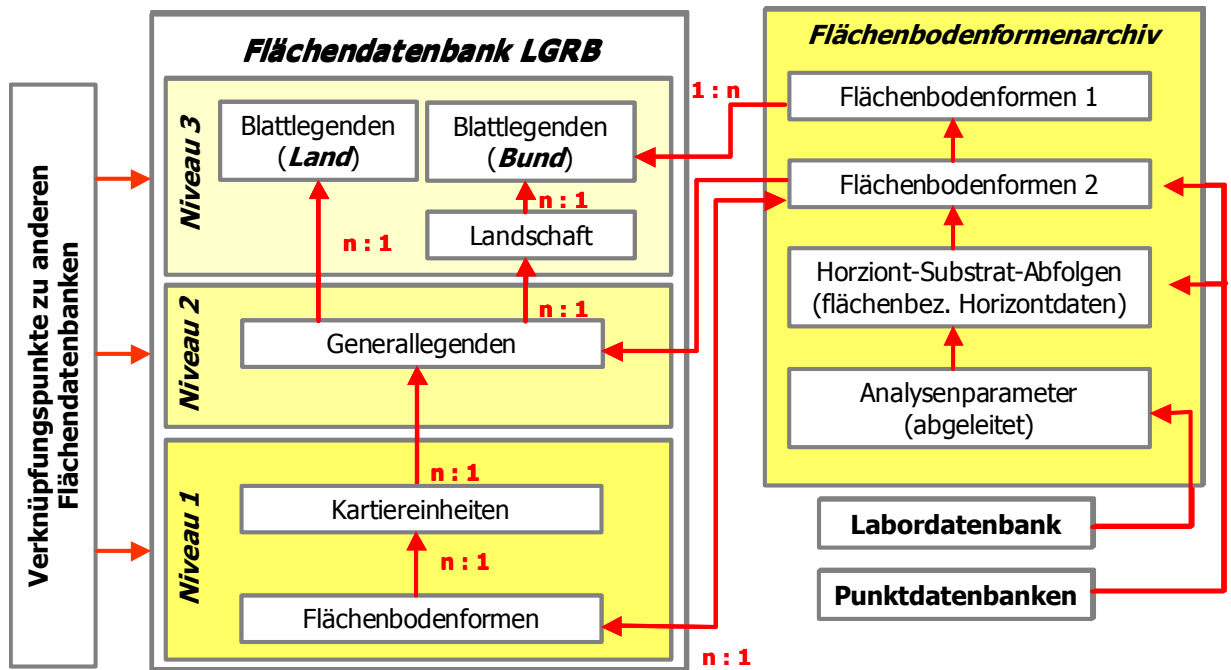


Abbildung 10: Vereinfachte Datenstruktur der Flächendaten

Der Flächendatensatz zur BÜK 300 des Landes Brandenburg besteht z.Z. aus 14 287 Kartiereinheiten. Sie werden über ein definiertes Regelwerk¹⁶ 2499 **Generallegendeneinheiten** (GLE) zugeordnet (KÜHN 1996, BAURIEGEL et al. 1997A). Die Generallegendeneinheiten stellen eine Zusammenfassung der Kartiereinheiten nach rein fachlichen Zuordnungsstufen innerhalb eines hierarchischen Regelwerkes dar (KÜHN 1996). Die Zuordnungsstufen folgen flächenbezogenen Dominanz- und Vergesellschaftungsprinzipien. Da die Generallegendeneinheiten die wesentliche fachliche Ebene innerhalb der Flächendaten darstellen, sollen deren Bildungsprinzipien anhand einer Beispieleinheit nachfolgend kurz beschrieben werden. Die aktuellen Zuordnungsschlüssel sind im Anhang dokumentiert.

Zuordnungsstufen 1-4 zu den Generallegendeneinheiten

1. Zuordnungsstufe: flächenhaft dominierende Substratgenese (Substratgeneseeflächentyp)

Die Kartiereinheiten werden zunächst nach der in der Fläche dominierenden Substratgenese gruppiert und einem Substratgeneseeflächentyp zugewiesen (→Abbildung 11). Dazu wird die in der KE vorherrschende Substratgenese herangezogen.

Die **Substratgeneseeflächentypen** (SGFT) lehnen sich in ihrer inhaltlichen Abgrenzung sowie ihrer Kennzeichnung an der Geogenese der KA4 (AG BODEN 1994) bzw. Band 86 (AK BODENSYSTEMATIK 1998) an. Abweichungen ergaben sich zum Einen durch die Reduktion auf die für

¹⁶ Das Regelwerk ist ein offenes, variables System, in dem die einzelnen Zuordnungsschlüssel nach Bedarf erweitert werden können.

Brandenburg relevanten Substratgenesen (→Abbildung 11). Zum Anderen wurden die Substratgenesen zu Flächentypen zusammengefasst, die entweder miteinander verzahnt oder vergesellschaftet auftreten. Sie sind bei der Flächenausgrenzung und/oder bei der Flächenbeschreibung innerhalb der für die Landesaufnahme relevanten Maßstabsbereiche nicht mehr sinnvoll räumlich trennbar. Für Hangsedimente wurde kein gesonderter Substratgeneseflächentyp gebildet, da sie mit allen flächenhaft verbreiteten Substratgenesen eng verzahnt auftreten. Ihre Kennzeichnung erfolgt erst in der 4. Zuordnungsstufe. Handelt es sich bei den Geogenesetypen in der KA4 und im Band 86 um eine profil- bzw. punktbezogene Typisierung, so wird hier eine arealbezogene Typisierung i.S. eines Flächentyps angestrebt.

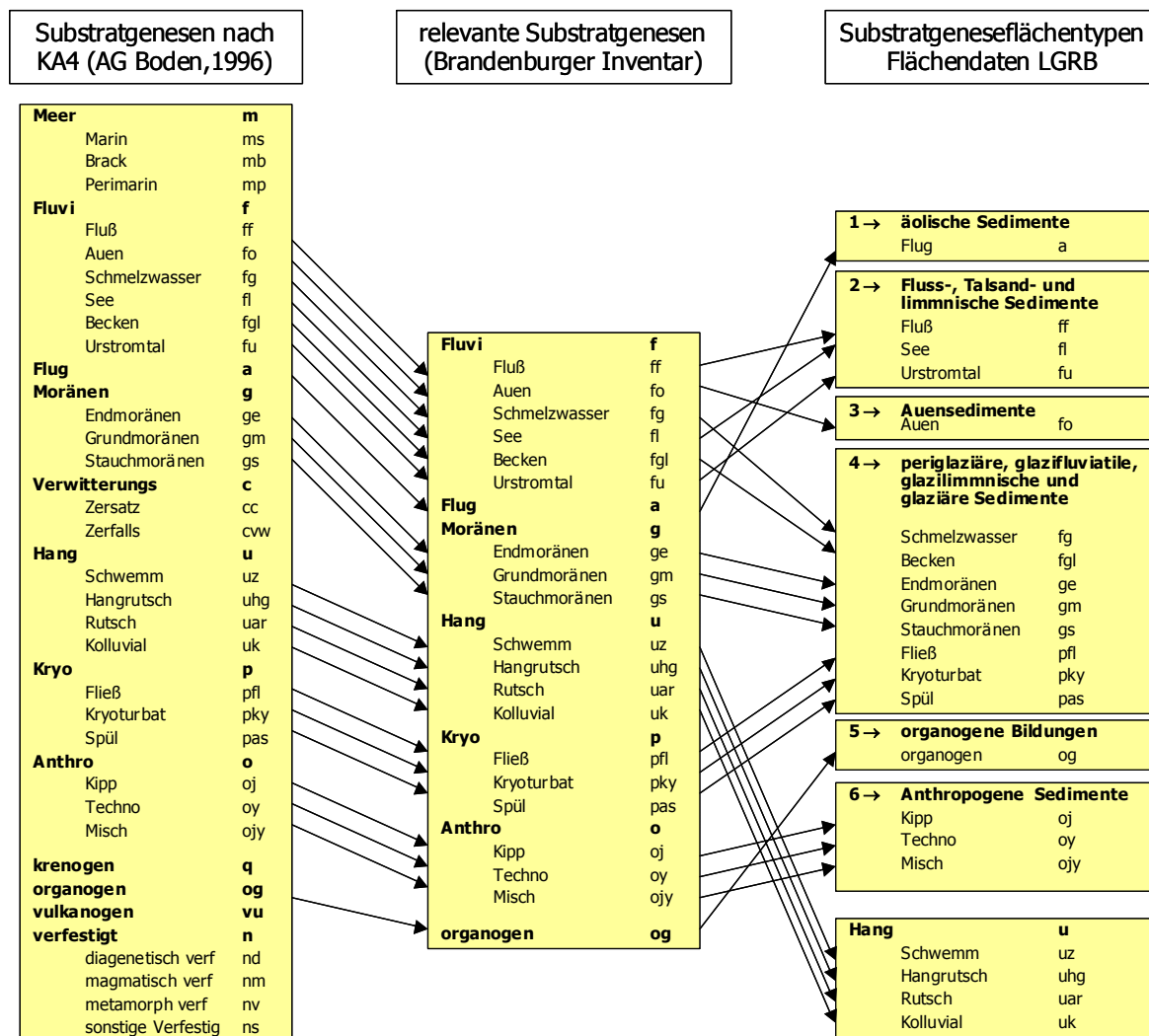


Abbildung 11: Modifizierung und Gruppierung der Substratgenesen nach KA4 (AG Boden 1994) zu Substratgeneseflächentypen für die Kennzeichnung der Flächendaten des LGRB

2. Zuordnungsstufe: flächenhaft dominierende Abfolge von Bodenarten(haupt)gruppen¹⁷ oder einer Kombination von Bodenarten(haupt)gruppen

Gegenüber dem Substratgeneseflächentyp wird in dieser Zuordnungsstufe das Inventar der Kartiereinheit nach texturbezogenen Kriterien bewertet und die Vergesellschaftung von verschiedenen Bodenarten oder Bodenartenabfolgen innerhalb der betreffenden Kartiereinheit berücksichtigt und typisiert (z. B. Sand mit Flugsand). In diesem Sinne handelt es sich auch bei der 2. Zuordnungsstufe um einen bodenartigen Flächentyp. In den beiden ersten Stufen werden damit die wesentli-

¹⁷ i.S. von Bodenartengruppen und Bodenartenhauptgruppen der KA4 (AG Boden, 1996)

chen Substratverhältnisse der Kartiereinheit inventarisiert. Sie entsprechen in ihrer Kombination einem substratbezogenen Flächentyp auf den im Abschnitt 3.2.1.2 näher eingegangen werden soll. Die Beispielseinheit (→Abbildung 12) besteht demnach hauptsächlich aus fluviatilen Sanden, die zum Teil von äolischen Sanden überdeckt sind.

3. Zuordnungsstufe: flächenhaft dominierende Pedogenese oder eine Vergesellschaftung von Pedogenesen

In dieser Stufe wird für die KE einerseits der dominierende bodengenetische Status (Leitböden) und andererseits auch die Spannbreite in der bodengenetischen Merkmalsausprägung erfasst. Letzteres bedeutet, dass alle bodensystematischen Übergänge zwischen zwei charakterisierenden Einheiten möglich sind. Für eine Podsol-Braunerde-Gesellschaft gilt, dass zwischen den Normausprägungen eines Podsols oder einer Braunerde alle Übergänge vorkommen können. I.d.R. ist für eine Kartiereinheit die Zuordnung eines flächenspezifischen Bodenformenspektrums nach diesem Prinzip sicher möglich.

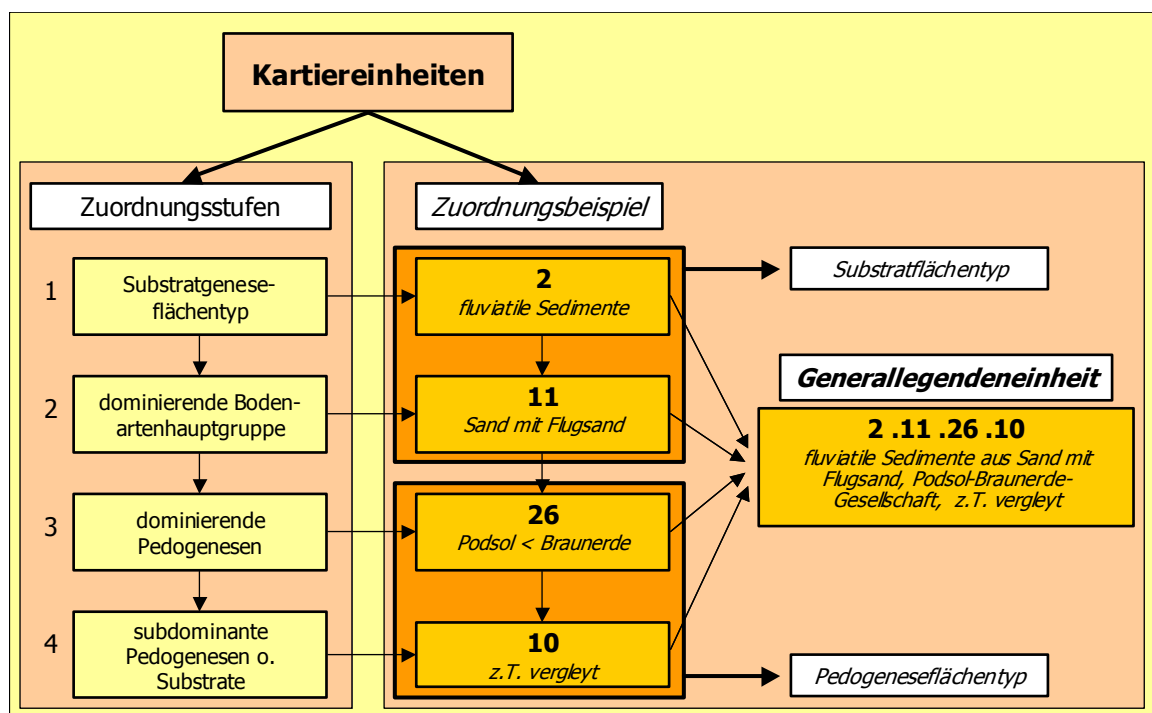


Abbildung 12: Zuordnungsstufen zur Bildung der Generallegendeinheiten (Zuordnungsbeispiel)

4. Zuordnungsstufe: flächenhaft subdominierende Pedogenesen oder Substrate

Flächenhaft untergeordnete oder weniger stark ausgeprägte Merkmale wie z.B. lokal auftretende Vergleierungsmerkmale lassen sich in der 4. Stufe beschreiben. So kann hier einerseits eine stetig begleitende, aber flächenhaft untergeordnete pedogenetische Komponente gekennzeichnet werden (z.B. Moore der Sölle in einer Braunerde-Fahlerde-Gesellschaft). Andererseits sind aber auch wichtige, bisher noch nicht berücksichtigte, Merkmale zum Substrat oder zur Pedogenese in dieser Zuordnungsstufe darstellbar (z.B. Flächenanteile von Mudde, Ton, Flugsand oder anthropogenen Substraten).

Die als numerische Codierung abgelegte Inhaltsbeschreibung zur Generallegendeinheit (→Abbildung 11) fasst die wesentlichen Merkmale einer Bodenformengesellschaft zusammen¹⁸. Sie bietet

¹⁸ Weitere wichtige Kennzeichnungsmerkmale einer Bodengesellschaft wie Relief, Klima u.w.m. werden später über die Verschneidung mit anderen flächenbezogenen Informationsgrundlagen berücksichtigt.

sich damit zur Analyse des inhaltlichen und räumlichen Flächendatenspektrums für den Gesamt-datenbestand an. Die Informationsebene der Generallegendeinheit bildet daher auch den Ansatzpunkt für die weiteren Betrachtungen in dieser Arbeit.

3.2 Analyse von Struktur und Spektrum der Flächendaten

Die Flächendatenanalyse soll zunächst auf dem Niveau der Substratgeneseeflächentypen beginnen und später auch die anderen wesentlichen Niveauebenen mit berücksichtigen.

3.2.1 Analyse der Substratgeneseeflächentypen

Für eine erste Analyse wurden zunächst alle Kartiereinheiten zur BÜK 300 nach ihrer Zugehörigkeit zu den Substratgeneseeflächentypen abgefragt (→Abbildungen 11, 12) und anhand von Kennwerten (s.u.) bewertet.

Um die einzelnen Kennwerte in einen Gesamtzusammenhang und in Beziehung zueinander stellen zu können, mussten sie von ihren Absolutwerten in eine normierte Skala mit Relativwerten transferiert werden. Hierfür wurde die Darstellung in Prozent gewählt. Die in der Analyse verwendeten Kennwerte sollen im Folgenden kurz erläutert werden.

Die **relative Frequenz** [1] eines Substratgeneseeflächentyps ($F_{\%} [SGFT]$) ist die relative Flächenhäufigkeit von Kartiereinheiten eines bestimmten Substratgeneseeflächentyps bezogen auf die Gesamtflächenanzahl von Kartiereinheiten. Die Anzahl der KE eines Substratgeneseeflächentyps ($\Sigma KE [SGFT]$) entspricht der absoluten Frequenz eines SGFT ($F [SGFT]$). Die relative Frequenz ist folglich der Quotient aus $F [SGFT]$ und der Gesamtflächenanzahl des Zieldatensatzes ($\Sigma KE [ZD]$).

$$F_{\%} [SGFT] = \frac{(\Sigma KE [SGFT]) \times 100 \%}{\Sigma KE_{ZD}} = \frac{F [SGFT] \times 100 \%}{\Sigma KE_{ZD}} \quad [1]$$

$\Sigma KE [SGFT] =$ Summe aller Kartiereinheiten bzw. die absolute Frequenz ($F [SGFT]$) eines SGFT

$\Sigma KE [ZD] =$ Gesamtflächenanzahl des Zieldatensatzes

HAASE & SCHMIDT (1970) führten den Begriff Frequenz für die Häufigkeit der in einer Bodengesellschaft auftretenden Pedotope verschiedenen Inhalts in % der Gesamtanzahl der Pedotope ein. Er wird hier für die Kategorie der Substratgeneseeflächentypen und im Folgenden auch für die Analyse anderer Flächentypen genutzt.

Der **relative Deckungsgrad** eines Substratgeneseeflächentyps ($D_{\%} [SGFT]$) ergibt sich aus dem Anteil des absoluten Deckungsgrades eines bestimmten Substratgeneseeflächentyps ($D [SGFT]$) an der zu analysierenden Gesamtfläche (D_{ZD}). Der absolute Deckungsgrad entspricht der Summe der Flächengrößen aller Kartiereinheiten eines Substratgeneseeflächentyps ($\Sigma D_{KE} [SGFT]$)

$$D_{\%} [SGFT] = \frac{(\Sigma D_{KE} [SGFT]) \times 100 \%}{D_t [ZD]} = \frac{D [SGFT] \times 100 \%}{D [ZD]} \quad [2]$$

$\Sigma D_{KE} [SGFT] =$ Summe der Deckungsgrade aller Kartiereinheiten bzw. absoluter Deckungsgrad ($F [SGFT]$) eines SGFT

$\Sigma D [ZD] =$ Gesamtfläche (Deckungsgrad) des Zieldatensatzes

Unter Deckungsgrad verstehen HAASE & SCHMIDT (1970) den Flächenanteil eines Typus an der Ge-

samtfläche der Pedochore. Dieser Parameter bietet sich neben der Frequenz in gleicher Weise für die Flächendatenanalyse an.

Der **relative Generallegendenanteil** eines Substratgeneseﬂächentyps $x_{GLE\%}$ [SGFT] beschreibt den Anteil, den die Generallegendeneinheiten eines definierten Substratgeneseﬂächentyps x_{GLE} [SGFT] am Gesamtspektrum von Generallegendeneinheiten des Zieldatensatzes besitzen x_{GLE} [ZD].

$$x_{GLE\%} [SGFT] = \frac{x_{GLE} [SGFT] \times 100\%}{x_{GLE} [ZD]} \quad [3]$$

x_{GLE} [SGFT] = Anzahl der GLE eines SGFT

x_{GLE} [ZD] = Anzahl der GLE des Zieldatensatzes

Die Analyse von Frequenz →[1] und Deckungsgrad →[2] soll Aufschluss über die inventarbezogenen Schwerpunkte im Gesamtdatenbestand geben. Die Gegenüberstellung dieser Kennwerte mit dem Generallegendenanteil →[3] erlaubt erste Schlußfolgerungen zum Maß der zu erwartenden inhaltlichen Heterogenität innerhalb eines Substratgeneseﬂächentyps. Letzteres ist möglich, da die Generallegendeneinheiten nach rein fachlich-inhaltlichen Kriterien (→3.1) gebildet werden. Übersteigt der Generallegendenanteil eines Substratgeneseﬂächentyps die Anteile von Frequenz und Deckungsgrad, so kann von eher heterogeneren Verhältnissen ausgegangen werden, da innerhalb dieses Flächentyps tendenziell mehr Generallegendeneinheiten zur inhaltlichen Kennzeichnung benötigt werden. Einen ähnlichen Ansatz wählten bereits SCHMIDT & DIEMANN (1981). Sie nutzen die Anzahl der flächenbeschreibenden Bodenformen zur Klassifizierung der Heterogenität innerhalb der Kartiereinheit. Die eigentliche Bewertung von Frequenz und Deckungsgrad der Generallegendeneinheiten erfolgt erst bei der Zusammenfassung zu Blattlegendeneinheiten.

Die Kennwerte für die einzelnen Substratgeneseﬂächentypen (→Abbildung 13) verdeutlichen das substratbezogene Grundinventar Brandenburgs. So zeigt sich die Dominanz der periglaziären und glaziären Sedimente (SGFT 4), die über die Hälfte der Landesfläche einnehmen (54 %) und mit 46 % auch die größte Flächenhäufigkeit haben. Die fluviatilen Sedimente (SGFT 2) besitzen mit über 20 % in allen drei Kriterien ebenfalls ein großes Gewicht. Die anderen Substratgeneseﬂächentypen gehen mit deutlich geringerem Anteil in das Grundinventar ein. Es zeigen sich jedoch auch innerhalb der Substratgeneseﬂächentypen Unterschiede zwischen den Kennwerten. Diese lassen Rückschlüsse auf die inhaltliche Struktur der Flächendaten zu.

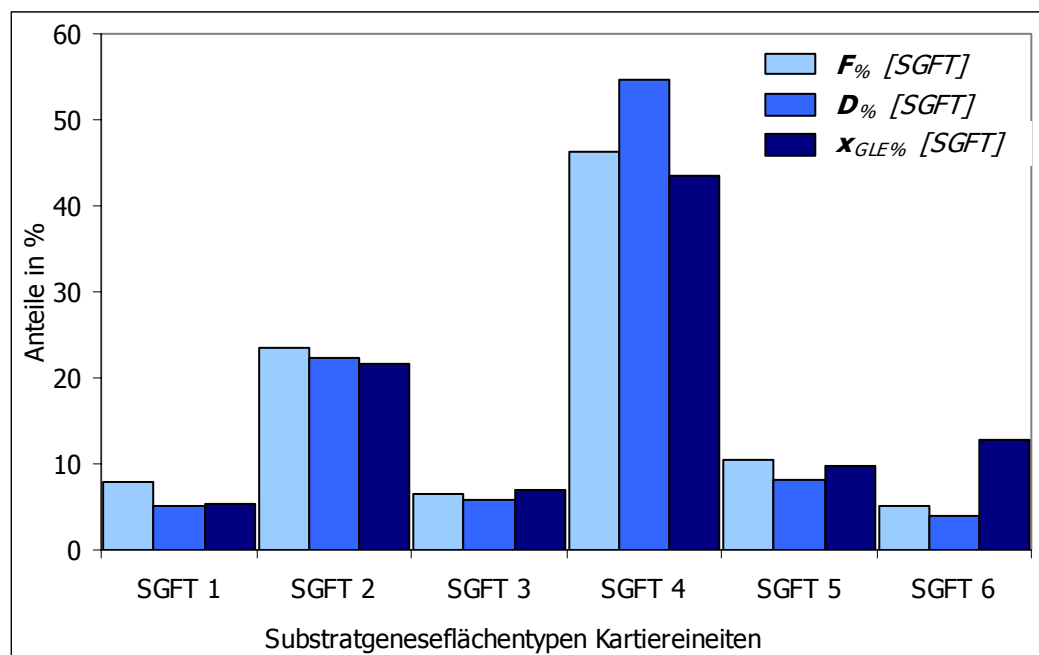


Abbildung 13: Gegenüberstellung der Kennwerte relative Frequenz ($F\% [SGFT]$), relativer Deckungsgrad ($D\% [SGFT]$) und relativer Generallegendenanteil ($x_{GLE\%} [SGFT]$) bezogen auf die Substratgeneseﬂächentypen [SGFT]

Für die Verhältnisse in der Gruppe der anthropogenen Sedimente (SGFT 6) ist, bezogen auf den Gesamtdatenbestand, ein geringer relativer Deckungsgrad und eine geringe relative Frequenz aber ein hoher relativer Generallegendenanteil kennzeichnend (→Abbildung 13, Anhang Tabelle 1). Diese Konstellation der Kennwerte deutet auf ein höheres Maß an inhaltlicher Heterogenität innerhalb der Areale aus anthropogenen Substraten hin.

Bei den äolischen Sedimenten (SGFT 1) liegt der Wert für die relative Frequenz ($F_{\%} [SGFT]$) deutlich über den Werten für den relativen Deckungsgrad und Generallegendenanteil. Dies lässt den Schluss zu, dass die Areale der äolischen Substrate einen überwiegend kleinflächigen Charakter besitzen müssen. Diese Annahme wird durch die geringe mittlere Flächengröße innerhalb der äolischen Sedimente bestätigt. Sie liegt bei 52,7 ha (Median) und weicht um fast 45 % vom Median des Gesamtdatenbestandes (95 ha) ab. Auch für die Auensedimente (SGFT 3) und die Moore (SGFT 5) wird der Gesamtmedian unterschritten (→Abbildung 14). Für die fluviatilen sowie für die periglaziären und glaziären Sedimente ist hingegen eine höhere mittlere Flächengröße kennzeichnend.

Die Häufigkeitsverteilung der aller Flächengrößen entspricht einer linkssteilen Verteilung. Für Wertekollektive mit asymmetrischer Verteilung wird der Median, als statistisch robusterer Wert, empfohlen (SACHS 1997). Die Bewertung erfolgt daher auf Basis der Mediane und nicht über die arithmetischen Mittelwerte.

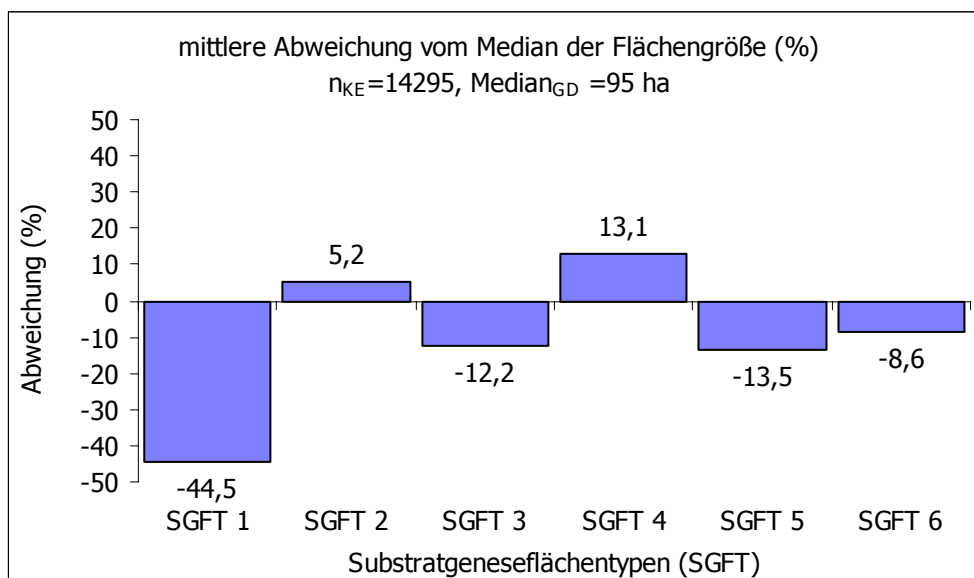


Abbildung 14: Abweichung (%) der Mediane der Flächengrößen der Substratgenese flächentypen bezogen auf den Median der Flächengröße des Gesamtdatenbestandes der BÜK 300 Brandenburg ($n_K = 14295$)

Aus der Gegenüberstellung der Kennwerte ($D_{\%} [SGFT]$, $F_{\%} [SGFT]$, $x_{GLE\%} [SGFT]$) lassen sich zunächst nur allgemeine Tendenzen zur inhaltlichen Struktur der Areale bezogen auf die Substratgenese flächentypen ableiten (→Abbildung 13). Es wurde daher versucht, mittels Bildung von relativen Verhältnissen zwischen den Kennwerten, die Aussagen zur inhaltlichen Flächendatenstruktur zu quantifizieren und zu bewerten. Eine Bezugsbasis für die Bewertung soll der Harmoniewert bilden.

3.2.1.1 Harmoniewerte und Harmonieschranken

Der **Harmoniewert H** ist der Quotient aus den flächenbezogenen (relativen) Kennwerten (z.B. $F_{\%} [SGFT]$ und $D_{\%} [SGFT]$) einer Grundgesamtheit. Er charakterisiert den Einfluss, den die einzelnen Kennwerte auf die Zusammenfassung zu einer übergeordneten Kategorie (z.B. Blattlegendeinheit) besitzen. Der Harmoniewert ist kein Indikator der Zusammenfassungsgüte von Gruppen, sondern beschreibt das Zusammenfassungsprinzip und damit die inhaltliche Struktur der Gruppen.

$$H = \frac{a}{b} - 1 \quad [4]$$

a und b = variable Kennwerte

Ein harmonischer Zustand ist bei einem ausgeglichenen Verhältnis zwischen den relativen Kennwerten gegeben. Der Harmoniewert liegt dann bei $H=0$. Der Grad der positiven oder negativen Abweichung vom Harmoniewert entspricht dem Maß der Disharmonie. Werte nahe $H=0$ würden demnach ein „harmonisches Verhältnis“ zwischen Kennwerten anzeigen. Werte mit einer deutlichen Abweichung von $H=0$ entsprechen einem „disharmonischen Verhältnis“.

In der Regel sind die Verhältnisse zwischen den Kennwerten nicht bzw. nur annähernd ausgeglichen. D.h., die ermittelten Harmoniewerte schwanken mehr oder weniger stark um den „idealen“ Zustand $H=0$. Insofern gilt es, Wertespanssen i.S. von Harmonieschranken zu definieren, innerhalb derer die Verhältnisse einen harmonischen oder, wenn außerhalb, einen disharmonischen Charakter besitzen.

Harmonieschranken

Als Harmonieschranken wird ein Abweichungsbereich um den Harmoniewert verstanden, innerhalb dieser Grenzen kann das Verhältnis zwischen den Kennwerten noch als harmonisch interpretiert werden. Liegen die Werte außerhalb eines solchen Bereichs, sind die Verhältnisse als disharmonisch zu interpretieren. Eine Harmonieschranke berechnet sich aus den gemittelten Beträgen der Abweichungen vom Harmoniewert [5] der zu bewertenden Elemente (z. B. Substratgenese-flächentypen). Die betrachteten Elemente sollten hierbei $n_{AW} > 3$ überschreiten.

$$H_s = \frac{|AW_1| + |AW_2| + \dots + |AW_n|}{n_{AW}} \quad [5]$$

$|AW|$ = Beträge der Abweichung vom Harmoniewert

n_{AW} = Anzahl der Abweichungsbeträge

Folgende Verhältniswerte (Quotienten) wurden für die Flächendatenanalyse auf Basis der Substratgenese-flächentypen betrachtet:

Harmoniewert zur Flächengröße (Area) H_A

Der Harmoniewert (H_A) entspricht Quotienten aus dem Median der Flächengrößen des zu bewertenden Substratgenese-flächentyps ($\tilde{x}_A [SGFT]$) und dem Median der Flächengrößen des Gesamt-datenbestandes ($\tilde{x}_A [ZD]$).

$$H_A = \frac{\tilde{x}_A [SGFT]}{\tilde{x}_A [ZD]} - 1 \quad [6]$$

$\tilde{x}_A [SGFT]$ = Median der Flächengröße innerhalb eines SGFT

$\tilde{x}_A [ZD]$ = Anzahl der GLE des Zieldatensatzes

¹⁹ Die Reduktion des Quotienten um 1 erfolgte, um den Zustand gleicher Verhältnisse auf den Wert $H=0$ zu normieren.

- Werte < 0** zeigen bezogen auf den Gesamtdatenbestand kleinere Flächen an,
Werte > 0 deuten bezogen auf den Gesamtdatenbestand auf größere Flächen hin

Harmoniewert zum inhaltlichen Spektrum (Inventar) H_I

Der Harmoniewert (H_I) ergibt sich aus dem relativen Deckungsgrad des zu bewertenden Substratgeneseeflächentyps ($D_{\%} [SGFT]$, $\rightarrow [2]$) und dem relativen Generallegendenanteil eben dieses Substratgeneseeflächentyps ($x_{GLE\%} [SGFT]$, $\rightarrow [3]$). Dieses Verhältnis kennzeichnet die Beziehung zwischen dem Flächenanteil des substratgenesebezogenen Grundinventars und dem inhaltlichen Spektrum der Substratgeneseeflächentypen.

$$H_I = \frac{D_{\%} [SGFT]}{x_{GLE\%} [SGFT]} - 1 \quad [7]$$

$D_{\%} [SGFT]$ = relativer Deckungsgrad eines SGFT

$x_{GLE\%} [SGFT]$ = relative Generallegendenanzahl eines SGFT

- Werte > 0** kennzeichnen ein weniger breites inhaltliches Spektrum (Inventar an Bodengesellschaften) innerhalb eines Substratgeneseeflächentyps,
Werte < 0 lassen auf einen breiteres Spektrum, sowie auf heterogener zusammengesetzte Bodengesellschaften schließen.

Harmoniewert zur Frequenz (H_F)

Der Harmoniewert (H_F) ist das Verhältnis aus der relativen Frequenz der Kartiereinheiten eines bestimmten Substratgeneseeflächentyps ($F_{\%} [SGFT]$, $\rightarrow [1]$) und dem Generallegendenanteil des selben Substratgeneseeflächentyps ($x_{GLE\%} [SGFT]$, $\rightarrow [3]$). Dieses Verhältnis gibt Auskunft über die relative Häufigkeit (Frequenz) im Auftreten einer bestimmten inhaltlichen Merkmalskonstellation (Bodengesellschaft).

$$H_F = \frac{F_{\%} [SGFT]}{x_{GLE\%} [SGFT]} - 1 \quad [8]$$

$F_{\%} [SGFT]$ = relative Frequenz eines SGFT

$x_{\%} [SGFT]$ = relative Generallegendenanzahl eines SGFT

- Werte < 0** sprechen für eine geringe Häufigkeit im Auftreten einer Bodengesellschaft und/oder für einen hohen inhaltlichen Kontrast,
Werte > 0 sprechen für das häufige Auftreten einer Bodengesellschaft und/oder für einen geringen inhaltlichen Kontrast

Eine kombinierte Betrachtung der relativen Verhältnisse ermöglicht Rückschlüsse über das Spektrum der Flächeninhaltsdaten. Eine zusammenfassende analytische Bewertung der einzelnen Verhältnisse erfolgt in der Tabelle 1 .

Tabelle 1: Übersicht zu den Verhältniswerten der einzelnen Kenngrößen

SGFT		$H_A = \frac{\tilde{X}_A [\text{SGFT}]}{\tilde{X}_A [\text{GD}]} - 1$		$H_I = \frac{D\% [\text{SGFT}]}{X_{\text{GLE}\%} [\text{SGFT}]} - 1$		$H_F = \frac{F\% [\text{SGFT}]}{X_{\text{GLE}\%} [\text{SGFT}]} - 1$
SGFT 1	-0,44	$H_A << H_{+S} < H_0$ kleine Flächen	-0,06	$H_{+S} < H_I < H_0$ Anteil Substratverbreitung \cong Anteil GLE	0,45	$H_F >> H_{+S} > H_0$ homogene Inventare
SGFT 2	+0,05	$H_A \cong H_{+S} > H_0$ mittlere bis größere Flächen	0,04	$H_{+S} > H_I \cong H_0$ Anteil Substratverbreitung \cong Anteil GLE	0,09	$H_{+S} > H_F > H_0$ mittlere Verhältnisse
SGFT 3	-0,12	$H_A < H_{+S} < H_0$ kleinere bis mittlere Flächen	-0,17	$H_{+S} = H_I < H_0$ Anteil Substratverbreitung < Anteil GLE	-0,07	$H_{+S} < H_F < H_0$ mittlere Verhältnisse
SGFT 4	+0,13	$H_{+S} > H_A < H_0$ mittlere bis größere Flächen	0,25	$H_I > H_{+S} > H_0$ Anteil Substratverbreitung >> Anteil GLE	0,06	$H_{+S} > H_F > H_0$ mittlere Verhältnisse
SGFT 5	-0,13	$H_{+S} < H_A < H_0$ kleinere Flächen	-0,16	$H_{+S} < H_I < H_0$ Anteil Substratverbreitung < Anteil GLE	-0,08	$H_{+S} < H_F < H_0$ mittlere Verhältnisse
SGFT 6	-0,08	$H_{+S} < H_A < H_0$ kleinere bis mittlere Flächen	-0,69	$H_{+S} << H_I < H_0$ Anteil Substratverbreitung << Anteil GLE	-0,6	$H_F << H_{+S} < H_0$ heterogene Inventare

Die Analyse auf dem relativ abstrakten Niveau der Substratgeneseflächentypen ermöglicht zunächst nur die Ableitung von inhaltlichen Grundtendenzen. Hierbei fällt auf, dass sich die Areale der äolischen Sedimente (SGFT 1) durch kleinere Flächengrößen (\rightarrow Abbildung 15) und homogene bodenkundliche Inventare auszeichnen.

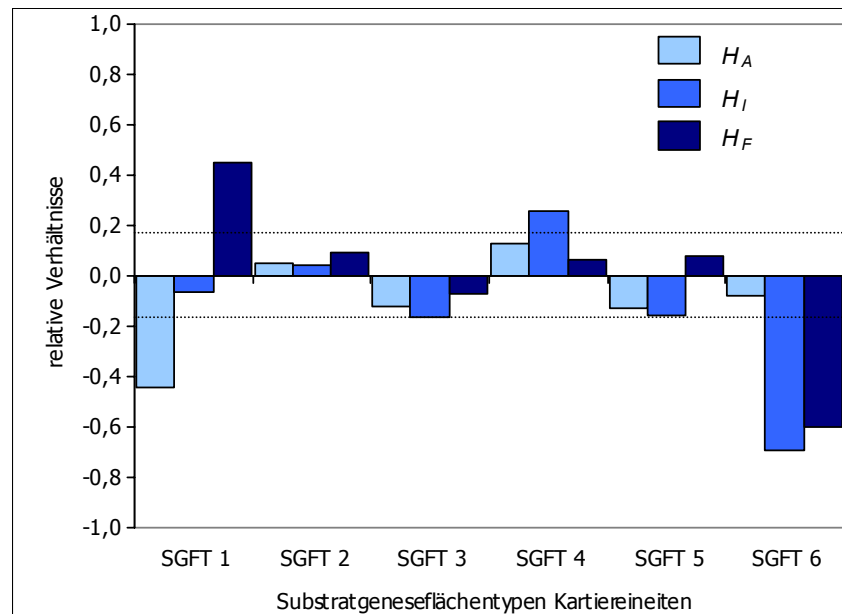


Abbildung 15: Relative Verhältnisse zwischen den Analysekriterien bezogen auf die Substratgeneseflächentypen, Harmonielinie bei 0, ermittelte Harmonieschranken bei $H_{+S} = -0,17$ bzw. bei $H_{+S} = 0,17$

Der Generallegendenanteil steht in einem ausgewogenen Verhältnis zum Deckungsgrad der äolischen Sedimente (\rightarrow Tabelle 1). Für die Substratgeneseflächentypen 2, 3 und 5 bewegen sich die

Verhältnisswerte innerhalb der Harmonieschranken. Innerhalb der periglaziären und glaziären Sedimente (SGFT 4) besteht ein Ungleichgewicht zwischen dem Deckungsgrad und dem Generallegendenanteil dieses Substratgeneseﬂächentyps. Dieser Flächentyp besitzt mit 1117 GLE zwar mit Abstand die größte Anzahl an GLE (→Anhang, Tabelle 1), im Verhältnis zum Deckungsgrad aber weniger als die anderen Substratgeneseﬂächentypen. Für die anthropogenen Sedimente (SGFT 6) kehrt sich dieses Verhältnis um. Hier liegt der Quotient H_r deutlich unter der Harmonieschranke H_s und kennzeichnet ein disharmonisches Verhältnis zwischen Generallegendenanteil und Deckungsgrad. Der, bezogen auf den Deckungsgrad, hohe Generallegendenanteil ist eine Folge der deutlich heterogenen Inventare (→ H_F , Tabelle 1).

3.2.2 Analyse auf Basis der Substrat- und Pedogeneseﬂächentypen

Für eine detailliertere Analyse der inhaltlichen Struktur der Flächendaten wurde die Generallegendeneinheit in die nachfolgend definierten Komponenten Substratflächentyp und Pedogeneseﬂächentyp zerlegt (→Abbildung 12). Dies erfolgte mit dem Ziel, die substrat- bzw. pedogenesebedingten Anteile am Gesamtspektrum der Flächendaten herauszufiltern und damit differenzierter bewerten zu können.

Die Kategorie des **Substratflächentyps (SFT)**²⁰ wurde mit der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK) eingeführt (SCHMIDT & DIEMANN 1974, THIERS & SCHMIDT 1979, SCHMIDT & DIEMANN 1981). Dieses praktikable Flächentypenkonzept der MMK wurde in seinem Grundansatz für die Flächendaten des LGRB übernommen. Die aktuelle Systematik (AK BODENSYSTEMATIK 1998) sowie die notwendigen Erweiterungen für eine nutzungstypenunabhängige Kartierung erforderten eine inhaltliche Modifizierung dieses Flächentypenkonzepts. Die Erweiterungen erfolgten durch die Einbeziehung der Substratgenese und der Bodenartenhauptgruppen nach KA4 (AG BODEN 1994).

Der Substratflächentyp leitet sich aus den Zuordnungsstufen 1 und 2 zur Bildung der Generallegendeneinheit ab (→Abbildung 11). Die Kopplung der Kategorien Substratgeneseﬂächentyp (Stufe 1) und der flächenhaft dominierenden Bodenartengruppe bzw. einer Kombination von Bodenartengruppen (Stufe 2) führt zu einem generalisierten, substratbezogenen Flächentyp.

z.B.:

Fluviatile Sedimente aus Sand mit Flugsand (Codierung 2.11)

Die erstgenannte Bodenarten-(hauptgruppen)–Abfolge hat dominierenden, die zweitgenannte subdominierenden Charakter. Insgesamt kommen nach dem bisher geltenden Kennzeichnungsprinzip 181 verschiedene Substratflächentypen vor²¹.

Der **Pedogeneseﬂächentyp (PFT)** entspricht der Zusammenfassung der Zuordnungsstufen 3 und 4. Mit der Kopplung von dominierender (Stufe 3) und subdominierender Pedogenese oder Substrate (Stufe 4) wird hier vorwiegend der pedogene Aspekt zu einem Flächentyp aggregiert (→Abbildung 11).

z.B.

Podsol<Braunerde, vergleyt (Codierung 26.10).

²⁰ Er entspricht einer definierten Zusammensetzung von Substrattypen (i.S. von TGL 24 300) unter Berücksichtigung von Flächenanteilskriterien

²¹ Die Liste der Substratflächentypen zur BÜK 300 befindet sich im Anhang.

Die Kennzeichnung *Podsol<Braunerde* hat jedoch inhaltlich nicht den Charakter eines punktbezogenen Übergangstyps i.S. der aktuellen Bodensystematik, sondern soll die Spannweite von Podsol bis Braunerde²² umfassen. Die nachgestellte Braunerde dominiert mit ihrer Verbreitung diese Gesellschaft gegenüber dem Podsol. Eine Dominanz des Podsols würde zu einem anderen Flächentyp (*Braunerde<Podsol*) führen. Diese Regelung lehnt sich an das Prinzip der aktuellen Bodensystematik (AK BODENSYSTEMATIK 1998, Band 86) an. Das Spektrum des Zieldatensatzes besteht insgesamt aus 745 verschiedenen Pedogeneseffächentypen.

Um den Einfluss der beiden Flächentypen (SFT und PFT) auf das inhaltliche Variantenspektrum der Flächendaten zu prüfen, wurden zunächst die beiden Flächentypen auf ihre absoluten und relativen Häufigkeiten am Gesamtspektrum analysiert (→Abbildung 16, Anhang Tabelle 3) und später im SFT/PFT –Verhältnis (→Abbildung 17) bewertet. Hierbei zeigen sich deutliche Anteilsunterschiede. Ein Teil der Differenzen zwischen den Flächentypen ist jedoch weniger inventarbezogen, sondern resultiert aus dem unterschiedlichen Umfang der Eingangsgrößen ($n_{\text{SFT}}=181$, $n_{\text{PFT}}=745$). Das breitere Spektrum der Pedogeneseffächentypen übt damit einen größeren Einfluss auf das Gesamtspektrum der Generallegendeneinheiten aus (→3.1). Ein Teil dieser Unterschiede wird durch abweichende Differenzierungsgrade innerhalb der beiden Flächentypen verursacht²³. So sind die Substratflächentypen (SFT) in ihrer inhaltlichen (systematischen) Kennzeichnung abstrakter als die Pedogeneseffächentypen gefasst. Dieser Umstand wirkt damit auch auf die substratgeneseffächentypenbezogene Anzahl der beiden Flächentypen zurück (→Abbildung 16, Anhang Tabelle 3).

Das inhaltliche Gesamtspektrum der Flächendaten spiegelt sich in der Anzahl und den Anteilen der beiden Flächentypen wider. Für das Verständnis der Abbildung 16 ist die Kenntnis der Geltungsbereiche für den Substratflächentyp (SFT) und den Pedogeneseffächentyp (PFT) wichtig. Während für einen SFT immer ein Bezug zu einer der 6 Substratgeneseffächentypen existiert, besitzt der PFT übergreifenden Charakter. Ein Pedogeneseffächentyp kann daher in mehreren Substratgeneseffächentypen auftreten. Insofern übersteigt die Summe der PFT bezogen auf die Substratgeneseffächentypen ($\sum x_{\text{PFT}} [\text{SGFT}] = 964$) die eigentliche Anzahl verschiedener Pedogeneseffächentypen ($x_{\text{PFT}} [\text{GD}] = 745$).

Erwartungsgemäß verfügen die periglaziären und glaziären Sedimente (SGFT 4) über die meisten Varianten an beiden Flächentypen (SFT und PFT). Im Verhältnis zueinander (SFT/PFT) zeigt sich aber ein Ungleichgewicht, in Form einer relativ geringen Anzahl an Substratflächentypen (→Abbildung 16, Anhang Tabelle 3, 4). Dieses Ungleichgewicht besteht innerhalb aller Substratgeneseffächentypen (→Abbildung 16).

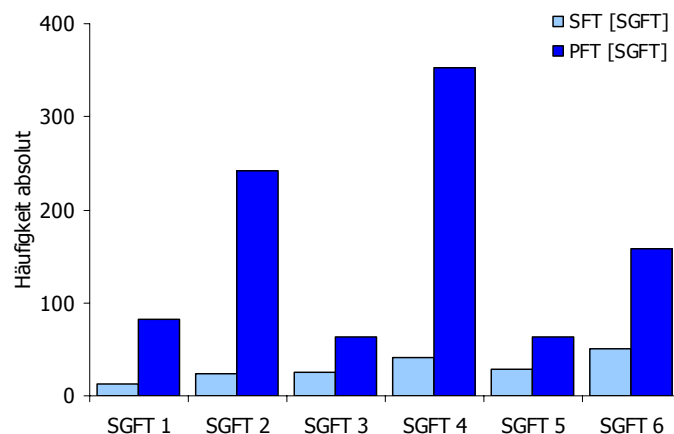


Abbildung 16: Anzahl von Substratflächen (SFT)- und Pedogeneseffächentypen (PFT) innerhalb der einzelnen Substratgeneseffächentypen (SGFT)

²² Spannweiten i.S. von PPn, BB-PP, PP-BB, pBB, BBn

²³ Die durch das Kennzeichnungsniveau bedingten Ungleichgewichte zwischen den beiden Flächentypen, sollen durch eine inhaltlich spezifizierende Überarbeitung (in Vorbereitung) behoben werden.

Für die Bewertung der inhaltlichen Flächendatenstruktur sind die spezifischen Unterschiede zwischen den Substratgeneseffächentypen von größerer Bedeutung. Von Relevanz sind hierbei die Anteilsverschiebungen zwischen den einzelnen Substratgeneseffächentypen bezogen auf die absoluten und die relativen Anteile der beiden Flächentypen.

Aus diesem Grund erfolgte die Bewertung des SFT/PFT -Verhältnisses sowohl für jeden Substratflächentyp selbst als auch zwischen den Substratgeneseffächentypen bezogen auf den Gesamt-datenbestand (→Abbildung 17). Für eine vergleichende Betrachtung war eine Normierung der Verhältnisse notwendig.

Die Normierung auf den Gesamtdatenbestand erfolgte mit dem Ziel, die kennzeichnungsbedingten Unterschiede zwischen den Flächentypen zu beseitigen, um nachfolgend den Einfluss von PFT bzw. SFT auf die inhaltliche Datenstruktur realer bewerten zu können. Durch diese Normierung ist auch die Analyse über den Harmoniewert möglich (→Abbildung 17).

1. Normierung innerhalb der Substratgeneseffächentypen (H_{SG})

H_{SG} ist der Quotient aus der Anzahl von verschiedenen Substrat- (x_{SFT}) bzw. Pedogeneseffächentypen (x_{PFT}) innerhalb eines bestimmten Substratflächentyps (SGFT). Er kennzeichnet die Dominanzverhältnisse zwischen den Flächentypen eines bestimmten Substratflächentyps.

$$H_{SG} = \left(\frac{x_{SFT}[SGFT]}{x_{PFT}[SGFT]} \right) - 1 \quad [9]$$

$x_{SFT}[SGFT]$ = Anzahl der SFT eines SGFT

$x_{PFT}[SGFT]$ = Anzahl der PFT eines SGFT

Die Harmonieschranke für H_{SG} befindet sich bei $H_S = 0,75$ (→[5], →Abbildung 17, links).

2. Normierung für den Gesamtdatenbestand des Zieldatensatzes (H_{ZD})

$$H_{ZD} = \left(\frac{x_{SFT}[SGFT]/x_{SFT}[ZD]}{x_{PFT}[SGFT]/x_{PFT}[ZD]} \right) - 1 = \left(\frac{r_{x_{SFT}}[SGFT]}{r_{x_{PFT}}[SGFT]} \right) - 1 \quad [10]$$

$x_{SFT}[SGFT]$ = Anzahl der SFT eines SGFT

$x_{PFT}[SGFT]$ = Anzahl der PFT eines SGFT

$x_{SFT}[ZD]$ = Anzahl der SFT des Zieldatensatzes (ZD)

$x_{PFT}[ZD]$ = Anzahl der PFT des Zieldatensatzes (ZD)

$r_{x_{SFT}}[SGFT]$ = relativer Anteil der SFT eines SGFT an ZD

$r_{x_{PFT}}[SGFT]$ = relativer Anteil der PFT eines SGFT an ZD

Der Quotient H_{ZD} ergibt sich aus dem relativen Anteil der Substratflächentypen eines bestimmten Substratgeneseffächentyps ($r_{x_{SFT}}[SGFT]$) an der Gesamtanzahl von SFTen im Zieldatensatz sowie dem relativen Anteil der Pedogeneseffächentypen ($r_{x_{PFT}}[SGFT]$) des gleichen Substratgeneseffächentyps an der Gesamtanzahl an PFT des Zieldatensatzes.

Die Harmonieschranke für H_{ZD} befindet sich in diesem Fall bei $H_S = 0,59$ (\rightarrow [5], \rightarrow Abbildung 17, rechts). Für beide Quotienten zeigen Werte:

- $H < 0$** die Dominanz der pedogenesebezogenen Kennzeichnungsformen und
 $H > 0$ die Dominanz der substratbezogenen Kennzeichnungsformen

Der Quotient H_{SG} gibt zunächst nur das kennzeichnungsbedingte Ungleichgewicht (s.o.) zwischen den Flächentypen SFT und PFT wider. Dabei besitzen die fluviatilen (SGFT 2) bzw. periglaziären und glaziären (SGFT 4) Substrate den größten absoluten Anteil an Flächentypen. Sie zeichnen sich zudem auch durch das größte Ungleichgewicht zwischen den Flächentypen SFT und PFT aus (\rightarrow Abbildung 17, links), da die Quotienten in ihren Werten außerhalb der Harmonieschranken liegen.

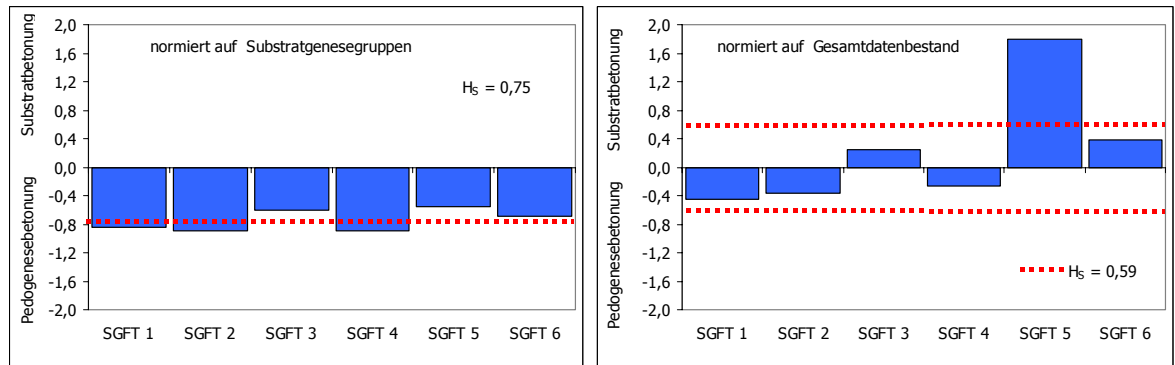


Abbildung 17: (links) Quotient H_{SG} aus Substratflächentyp (SFT) und Pedogenese-Flächentyp (PFT) innerhalb der Substratgenese-Flächentypen; (rechts) Quotient H_{ZD} aus Substratflächentyp (SFT) und Pedogenese-Flächentyp (PFT) zwischen den Substratgenese-Flächentypen bezogen auf den Gesamtdatenbestand

Vergleicht man nun die Quotienten H_{SG} und H_{ZD} miteinander, so kehrt sich das Dominanzverhältnis zwischen den Flächentypen bei den SGFT 3, 5 und 6 um (\rightarrow Abbildung 16, 17). Im Falle der auf den Gesamtdatenbestand normierten Anteile (H_{ZD}) sind die Inventare in diesen Gruppen daher als substratdeterminiert zu interpretieren. Innerhalb der Substratgenese-Flächentypen 1, 2 und 4 überwiegt hingegen weiterhin der Einfluss der pedogenetischen Kennzeichnungsmerkmale.

Während die H_{ZD} -Werte grundsätzlich relativ eng um den Harmoniewert pendeln, fällt der H_{ZD} -Wert für die Gruppe der organogenen Bildungen (SGFT 5) deutlich heraus. Für diese Gruppe erfolgte die inhaltliche Kennzeichnung offensichtlich stark substratbezogen. Dies ist aber auch eine Folge der eingeschränkten bodensystematischen Kennzeichnungsmöglichkeiten innerhalb der Klasse der Moore (AG BODEN 1994).

Basierend auf der Analyse der Flächentypen SFT und PFT lässt sich zusammenfassend feststellen, dass sich die inhaltliche Datenstruktur zwischen den einzelnen Substratgenese-Flächentypen unterscheidet. Sie kann über die Analyse der Anzahl und der Anteile von Substrat- bzw. Pedogenese-Flächentypen bewertet werden. Nicht alle Anteilsdifferenzen sind inventarbedingt, sondern können auch eine Folge der boden- und substratsystematischen Kennzeichnungsregelwerke sein. Dafür sprechen die deutlichen Abweichungen zwischen den Quotienten H_{SG} und H_{ZD} . Durch die Nutzung der Quotienten H_{SG} und H_{ZD} kann zwischen inventar- und kennzeichnungsbedingten Ungleichgewichten unterschieden werden. Art und Ursache der Ungleichgewichte sind bei allen folgenden Aggregierungsschritten, wie der Legendenbildung, unbedingt zu berücksichtigen, da sie das Inventar der legendenbildenden Bodenformen direkt beeinflussen können.

3.2.3 Analyse der Blattlegendeneinheiten

Die Blattlegendenbildung soll die Erkenntnisse aus den Analysen zur inhaltlichen bzw. räumlichen Flächendatenstruktur (→3.2.1.1 und 3.2.1.2) umsetzen. Im Prozess der Definition von Blattlegendeneinheiten (BLE) und der Zuordnung der Einzelflächen (KE) bzw. deren fachlichen Gruppen (GLE) zu denselben findet ein Abwägungsprozess zwischen den folgenden (Gruppierungs-) Kriterien statt:

- Flächendominanz/ -anteil (Deckungsgrad)
- Flächenanzahl/ -häufigkeit (Frequenz)
- Inhaltlicher Kontrast/ Merkmalsverwandtschaft
- Nachbarschaftsbeziehungen/ räumliche Durchdringung (FUCHS 2002)
- Anzahl von Legendeneinheiten/ Zusammenfassungs- bzw. Aggregierungsgrad

Diese Kriterien stehen jedoch keinesfalls in starrer Beziehung zueinander. Je nach Darstellungs- oder Bewertungsziel verschiebt sich das Gefüge zwischen den Kriterien und beeinflusst damit auch das kartographische Darstellungsergebnis. So haben Blattlegendeneinheiten immer einen spezifischen Bezug zum jeweiligen Landschafts- oder Kartenausschnitt. Das kann dazu führen, dass die blattbezogenen Legendeneinheiten verschiedener Kartenblätter untereinander nicht vergleichbar oder passfähig sind, da die Inventare blattspezifisch zusammengefasst wurden²⁴.

Unabhängig von der zielabhängigen Berücksichtigung der Kriterien und ihrer Wichtung gegeneinander steht die Forderung, Regeln für die Aggregierungsschritte von der Flächenbeschreibung bis hin zur Blattlegendeneinheit zu definieren. Das finale Aggregierungsprodukt (Blattlegendeneinheit) muss reproduzierbar und aktualisierbar sein. In einem direkten Zusammenhang damit stehen die legendenbeschreibenden bzw. flächenbezogenen Profil- und Horizontdaten. Sie müssen Verhältnisse (Inventare, Häufigkeiten und Flächenanteile) der Ausgangsdaten (KE) hinreichend gut widerspiegeln können.

Grundsätzlich wird von dem Postulat ausgegangen, dass:

- die Kartiereinheiten (KE) bzw. die Generallegendeneinheiten (GLE) das inhaltliche und räumliche Spektrum bzw. Inventar des geographischen Betrachtungsraumes widerspiegeln,
- die Generallegendeneinheiten Typen von Bodengesellschaften entsprechen und
- sich aus ihnen das bestimmende Bodenformenspektrum (der Blattlegendeneinheiten) ableiten lässt.

Die Bildung der Blattlegendeneinheiten (BLE) zur BÜK 300 erfolgte über eine stufenweise Zusammenfassung der Generallegendeneinheiten (GLE) und unter Berücksichtigung der oben aufgeführten Kriterien. Dabei gilt :

$$BLE = \sum (x * GLE_1) + (x * GLE_2) + \dots + (x * GLE_n) \quad [11]$$

Der Prozess der Blattlegendenbildung soll im Folgenden exemplarisch an der Legendeneinheit 54 zur BÜK 300 erläutert werden (→Abbildung 20).

²⁴ Innerhalb landesbezogener Regelwerke werden inzwischen diese „Blattrandverwerfungen“ weitgehend ausgeschlossen. Infolge abweichender Regelwerke bilden sie aber nach wie vor ein Problem an den Landesgrenzen.

Stufe 1:

In der ersten Stufe werden für alle Generallegendeneinheiten der Grundgesamtheit folgende Parameter erhoben:

- absolute Frequenz ($F [GLE]$),
- relative Frequenz ($F_{\%} [GLE]$),
- absoluter Deckungsgrad ($D [GLE]$),
- relativer Deckungsgrad ($D_{\%} [GLE]$),
- relatives Flächengewicht ($FG_{\%} [GLE]$)
- Verbreitungsstufe ($V [GLE]$, $V [BLE]$)

Die **absolute Frequenz** ($F [GLE]$) ist die Summe aller Kartiereinheiten, die einer bestimmten Generallegendeneinheit (GLE_x) zugewiesen wurden. Sie gibt die absolute Häufigkeit einer GLE an.

$$F [GLE] = \sum KE_{x1} + KE_{x2} + \dots + KE_{xn} \quad [12]$$

Die **relative Frequenz** ($F_{\%} [GLE]$) entspricht dem prozentualen Anteil der absoluten Frequenz einer bestimmten Generallegendeneinheit ($F_t [GLE]$) an der Gesamtflächenanzahl ($\sum KE_{ZD}$) des Datenbestandes.

$$F_{\%} [GLE] = \frac{F [GLE] \times 100\%}{\sum KE_{ZD}} \quad [13]$$

$F [GLE]$ = absolute Frequenz einer GLE

KE_{ZD} = Anzahl der Kartiereinheiten (KE) des Zieldatensatzes

Basierend auf den gegenwärtig definierten 2499 Generallegendeneinheiten schwankt die Frequenz in ihren absoluten bzw. relativen Werten zwischen 1 (0,007%) im Minimum und 341 (2,4%) im Maximum. Das arithmetische Mittel liegt für die absolute Frequenz bei $\bar{x}_F [GLE] = 5,5$ und für den Median bei $\tilde{x}_F [GLE] = 1$. Die geringe mittlere Frequenz ist vor allem eine Folge der detaillierten inhaltlichen Kennzeichnungsmöglichkeiten innerhalb des Regelwerkes zur Generallegendeneinheit (KÜHN 1996). Die GLE, die auf mindestens 5 Kartiereinheiten basieren, beschreiben insgesamt 77 %²⁵ der Gesamtflächenanzahl ($\sum KE_{ZD} = 14287$). Die GLE, die durch eine geringere Flächenanzahl repräsentiert sind, entsprechen selteneren Bodengesellschaften. Jedoch sind auch bearbeitungsbedingte Zuordnungsvarianten oder Kennzeichnungsfehler nicht auszuschließen.

Der **absolute Deckungsgrad** ($D [GLE]$) ist die Summe der Flächengrößen (ha) aller Kartiereinheiten einer bestimmten Generallegendeneinheit (GLE_x).

$$D [GLE] = \sum D_{KE1} (ha) + D_{KE2} (ha) + \dots + D_{KE_n} (ha) \quad [14]$$

D_{KE} = Deckungsgrad einer Kartiereinheit (KE)

²⁵ Die Generallegendeneinheiten, die nur auf einer beschriebenen Kartiereinheit beruhen, machen zwar nur ca. 9% der Gesamtflächenanzahl ($n_{GD} = 14287$ KE) aus. Jedoch sind ca. 50% der GLE nur mit einer Kartiereinheit belegt.

Der **relative Deckungsgrad** ($D_{\%}$ [GLE]) einer Generallegendeinheit ($D_{\%}$ [GLE]) ergibt sich aus ihrem prozentualen Anteil an der Gesamtfläche des Datenbestandes (D_t [ZD]).

$$D_{\%} [GLE] = \frac{D [GLE] \times 100\%}{D [ZD]} \quad [15]$$

$D [GLE]$ = absoluter Deckungsgrad einer GLE

$D [ZD]$ = Deckungsgrad des Zieldatensatzes (Gesamtfläche)

Die Deckungsgrade der einzelnen Generallegendeinheiten schwanken in einem sehr breiten Bereich. Die absoluten bzw. relativen Werte reichen von 6 ha (0,0002 %) im Minimum bis 138833 ha (4,5 %) im Maximum. Das arithmetische Mittel beträgt für den absoluten Deckungsgrad $\bar{x}_D [GLE] = 1177$ ha. Der Median von $\tilde{x}_D [GLE] = 222$ ha ist demgegenüber deutlich verschoben (unschiefe Verteilung). Der geringe mediäre Deckungsgrad der Generallegendeinheiten dokumentiert daher den detaillierten räumlichen Kennzeichnungsgrad der GLE. So liegt der Median für die flächenzusammenfassende GLE unter den Ansätzen für die darstellbare Flächengröße von VINK (1975) und CORNELL (In ROSSITER 1998). Diese Unterschreitung ist durch den grundsätzlichen Anspruch begründet, mit diesem Flächendatensatz den mittelmaßstäbigen Bereich (1:100 000-1:300 000) inhaltlich und räumlich weitgehend abzudecken²⁶. Für die Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung gibt SCHMIDT (1978) 50-200 ha als geeignete Darstellungsgrößen an.

3.2.3.1 Relatives Flächengewicht und Verbreitungsgrade

Mit dem Ziel, einen flächenbezogenen Kennwert zu entwickeln, der die Frequenz und den Deckungsgrad gleichermaßen berücksichtigt, wurde zunächst das **relative Flächengewicht** ($FG_{\%}$ [GLE]) einem gemittelten Summenparameter aus der relativen Frequenz ($F_{\%}$ [GLE]) und dem relativen Deckungsgrad ($D_{\%}$ [GLE]) einer bestimmten Generallegendeinheit. Dieser Parameter soll unter Berücksichtigung der Eingangsgrößen die Generallegendeinheit in ihrer räumlichen Relevanz in einem Kennwert charakterisieren. Die Nutzung des relativen Flächengewichtes ist nicht auf die Kategorie der Generallegendeinheiten begrenzt, sondern kann für andere Flächentypen (z.B. Blattlegendeinheit oder Flächenbodenform) angewendet werden.

$$FG_{\%} [GLE] = \frac{F_{\%} [GLE] + D_{\%} [GLE]}{2} \quad [16]$$

$D_{\%} [GLE]$ = relativer Deckungsgrad einer GLE

$F_{\%} [GLE]$ = relative Frequenz einer GLE

Es gilt, dass Generallegendeinheiten mit einem großen Flächengewicht eine hohe Verbreitungsintensität besitzen. Sie sind daher bei der weiteren Flächenzusammenfassung besonders zu berücksichtigen. Bei einem relativen Flächengewicht von $FG_{\%} [GLE] = 1$ würde die entsprechende Generallegendeinheit im Mittel 1% der Landesfläche beschreiben.

Die Werte für die relativen Flächengewichte der GLE liegen zwischen 0,004 und 3,46 % ($\bar{x}_{FG\%} [GLE] = 0,038$ %, $\tilde{x}_{FG\%} [GLE] = 0,009$ %). Die grundsätzlichen Einflussgrößen auf das Wertespektrum und die Werteverteilung wurden schon bei der Einführung der Parameter Frequenz und Deckungsgrad erläutert. Sie treffen für den Summenparameter des relativen Flächengewichtes in gleicher Weise zu.

²⁶ Dieser für den mittelmaßstäbigen Bereich avisierte Flächendatensatz wird für das Land Brandenburg mittelfristig der einzige flächendeckende und nutzungstypenunabhängige Flächendatensatz bleiben. Auch aus diesem Hintergrund heraus wurde versucht, für die Nutzer einen Flächendatenbestand bereitzustellen, der in dem Grad seiner inhaltlichen und räumlichen Detailliertheit über den anderer Landesübersichten hinausgeht.

Das relative Flächengewicht ist für die Zusammenfassung zu übergeordneten Flächenkategorien (z.B. für die Blattlegendenbildung) ein wichtiges, aber durch die große Spannweite der Relativwerte ein schwer fassbares Bewertungskriterium. Aus diesem Grund wurde eine Klassifizierung des Flächengewichtes in 4 Verbreitungsgrade vorgenommen (→Tabelle 2). Die Verbreitungsgrade beinhalten die Spanne von selten (V1) bis hoch (V4). Die Klassenbildung erfolgte in Anlehnung an eine logarithmische Skalierung, da das Wertespektrum der Flächengewichte von sehr kleinen Werten bestimmt wird ($\tilde{x}_{FG\%} [GLE] = 0,009 \%$, →Abbildung 18).

Einen hohen Verbreitungsgrad (V4) besitzen daher nur die Generallegendeneinheiten, die mindestens ein Prozent des Flächendatensatzes inhaltlich und räumlich beschreiben können ($FG_{\%}[GLE] > 1$). Dies trifft nur auf 11 Generallegendeneinheiten zu und entspricht lediglich 0,4 % des Gesamtspektrums ($n=2499$ GLE). Die GLE mit einem hohen Verbreitungsgrad (V4) charakterisieren aber über 19 % der Gesamtfläche. Die GLE mit einem mittleren Verbreitungsgrad (V3) umfassen mit 6,6 % zwar ebenfalls nur einen geringen Anteil des Generallegendenspektrums, beschreiben aber über 44 % der Landesfläche (→Abbildung 19). Der größte Teil der GLE besitzen hingegen nur einen seltenen bzw. geringen Verbreitungsgrad und haben daher für die Flächenbeschreibung nur geringere Bedeutung.

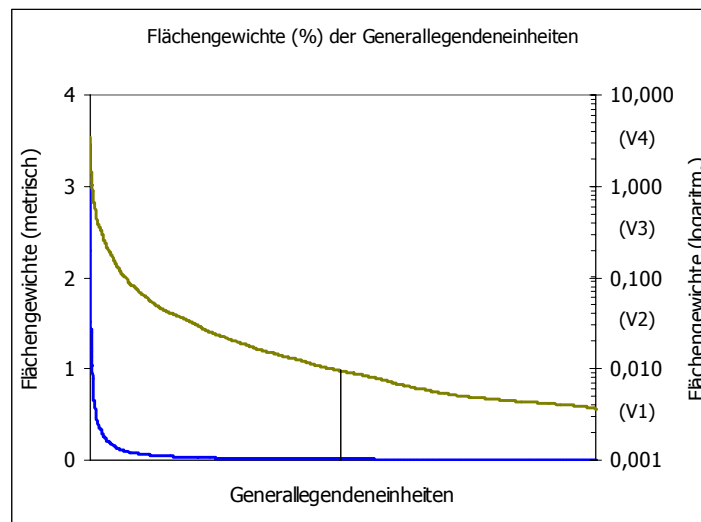


Abbildung 18: sortierte Verteilung der Flächengewichte der Generallegendeneinheiten (FG% [GLE]), blaue Linie = metrische Skalierung, grüne Linie = logarithmische Skalierung; rot = Median des Flächengewichtes

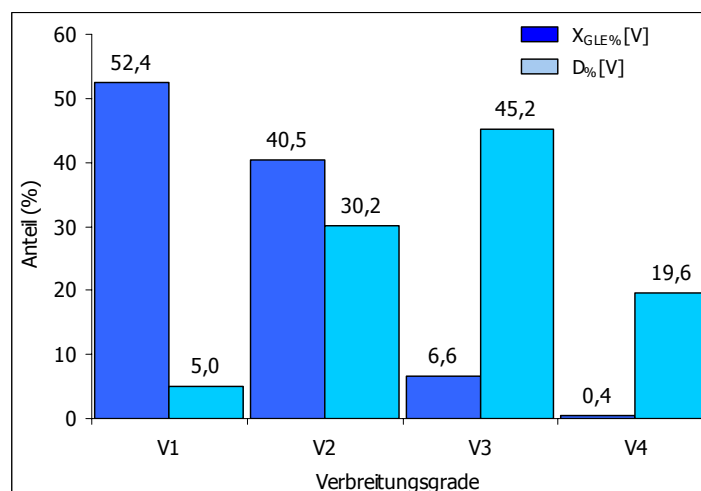


Abbildung 19: Anteile (%) an Generallegendeneinheiten und Summen der Deckungsgrade bezogen auf die Verbreitungsgrade

Tabelle 2: Bewertung der Verbreitungsgrade (V [GLE]) für das relative Flächengewicht (FG_% [GLE])

Verbreitungsgrade		Wertespennen FG _% [GLE] (%)	Anzahl GLE	Wertespennen F _i [GLE] , D _i [GLE]	Mediane
Kurzzeichen	verbal				
V1	selten	0 – 0,01	1359	F[GLE] : 1 - 2 D[GLE] : 6 - 397 ha,	$\tilde{X}_{F[GLE]} = 1$ $\tilde{X}_{D[GLE]} = 86$ ha
V2	gering	0,01 – 0,1	1048	F[GLE]: 1 – 20, D[GLE]: 70 - 4318 ha,	$\tilde{X}_{F[GLE]} = 3$ $\tilde{X}_{D[GLE]} = 605$ ha
V3	mittel	0,1 – 1,0	172	F[GLE]: 4-132, D[GLE]: 1520 - 35251 ha,	$\tilde{X}_{F[GLE]} = 27$ $\tilde{X}_{D[GLE]} = 5603$ ha
V4	hoch	> 1,0	11	F[GLE]: 48 - 341, D[GLE]: 22375 - 138833 ha	$\tilde{X}_{F[GLE]} = 192$ $\tilde{X}_{D[GLE]} = 42640$ ha

Die Überschneidungen im Deckungsgrad $D[GLE]$ und in der Frequenz $F[GLE]$ über die Verbreitungsstufen hinweg sind eine Folge des Summenparameters $FG_{\%}[GLE]$, der von beiden Eingangsparametern unterschiedlich stark beeinflusst werden kann. Zur Orientierung wurden daher die mittleren Werte (Mediane) für die Frequenz und den Deckungsgrad innerhalb der Wertespennen für die Verbreitungsstufen mit angegeben.

Insgesamt können aus dem relativen Flächengewicht und aus den daraus abgeleiteten Verbreitungsstufen verwertbare Hinweise zu einer reproduzierbaren Zusammenfassung der Generallegeneinheiten zu Blattlegeneinheiten gewonnen werden. So beschreiben die Generallegeneinheiten die mit den Verbreitungsstufen V4 (hoch) und V3 (mittel) attribuiert sind, ca. 65 % des Gesamtareals $D_{\%}[GLE]$ und umfassen 58 % der Gesamtflächenanzahl ($F_{\%}[GLE]$). Sie unterstreichen damit ihre besondere Bedeutung für die Legendenbildung.

Stufe 2:

In einem zweiten Schritt werden alle GLE **nach substratbezogenen Ähnlichkeiten** auf der Basis der Substratflächentypen **vorsortiert**. Den Hintergrund hierfür bildet das substratorientierte Gliederungsprinzip für die (Blatt-)Legenden der bodenkundlichen Kartenwerke des LGRB²⁷. Im Falle der Beispiellegeneinheit BLE 54 wurden drei Substratflächentypen (SFT) zusammengefasst:

- 4.12 (Sand mit Sand über Lehmsand),
- 4.13 (Sand mit Sand über Lehm) und
- 4.14 (Sand mit Sand über Ton).

In allen drei SFT besitzen die Sandsubstrate des Substratgenese-flächentyps 4²⁸ den dominierenden Anteil. Hinsichtlich der zusammengefassten subdominierenden Anteile besteht ein relativ hoher Kontrast (Sand über Lehmsand bis Sand über Ton). Eine andere, gegebenenfalls weiter differenzierende Zusammenfassung war aus den Gründen der Frequenz, des Deckungsgrades dieser Substratflächentypen (SFT) und mit dem Blick auf das Gesamtinventar der SFT nicht sinnvoll. Eine weniger oder aber auch stärker aggregierte Zusammenfassung, z.B. für bestimmte thematische Fragestellungen, ist aber datentechnisch weiterhin möglich.

²⁷ Das Legendengliederungsprinzip für bodenkundliche Flächendaten ist nicht einheitlich geregelt. Es kann sich zwischen verschiedenen landes- oder bundesweiten Kartenwerken unterscheiden. So wird für die BÜK 200 der BRD (BGR) ein bodenlandschaftsbezogenes Legendenprinzip verfolgt (HARTWICH et al. 1995). Weitere verbreitete Gliederungsprinzipien sind die nach der Pedogenese, der Hydromorphie der Standorte oder nach den Bodenausgangsgesteinen bzw. nach deren Verbreitungsgebieten.

²⁸ SGFT 4 = periglaziäre, glaziäre und fluvioglaziäre Sedimente.

Stufe 3:

Die nach den SFT vorgruppierten Generallegendeneinheiten (Stufe 2) wurden anschließend nach ihren **pedogenetischen Ähnlichkeiten gruppiert**. Insgesamt lassen sich, bezogen auf den gesamten Flächendatenbestand der BÜK 300, in dieser Ebene 115 PFT mit den drei SFT kombinieren. Die Verknüpfung dieser SFT und PFT (Kombination der Stufen 2 und 3) miteinander, stellt den Bezug zu 170 verschiedenen Generallegendeneinheiten her (→Abbildung 20). Die nach Ähnlichkeitskriterien (z.B. Merkmalsnähe der Inventare) vorsortierten GLE werden nun um die Parameter absolute Frequenz ($F[GLE]$) und absoluter Deckungsgrad ($D[GLE]$) ergänzt und für die Bewertung in der Stufe 4 vorbereitet.

Stufe 4:

Mit dem Blick auf eine letztlich darstellbare Anzahl von Blattlegendeneinheiten (Zielkategorie)²⁹ und eine vertretbare inhaltliche Heterogenität innerhalb der Blattlegendeneinheiten war eine Evaluierung der Gruppen notwendig. So erfolgte in dieser Stufe zunächst die **Prüfung der Gruppen** aus Stufe 3 unter Bewertung der Kriterien Frequenz ($F_{\%}[GLE]$), Deckungsgrad ($D_{\%}[GLE]$) und Flächengewicht ($FG_{\%}[GLE]$) sowie der inhaltlichen Heterogenität innerhalb und zwischen den Gruppen.

Stufe 5:

In einer weiteren Stufe erfolgte die **Reduzierung der Gruppen** von Stufe 3 auf eine darstellbare Anzahl an Blattlegenden unter Berücksichtigung der Prüfergebnisse aus Stufe 4. Im Fallbeispiel der Substratflächentypen 4.12, 4.13 und 4.14 wurden die 170 verschiedenen Generallegendeneinheiten (Stufe 4) außer zur Blattlegendeneinheit 54 auch zu 15 anderen BLE zugewiesen. Die BLE 54 stellt ihrerseits eine Zusammenfassung aus 53 Generallegendeneinheiten dar (→Abbildung 20).

Stufe 6:

Die verbale Benennung der legendenbeschreibenden Bodenformen (Flächenbodenformen) und die Festsetzung von deren relativen Anteilen an der Legendenbeschreibung sind ein Bewertungsergebnis des gewichteten inhaltlichen Spektrums der gruppierten Generallegendeneinheiten (→Abbildung 21). Die **Wichtung** erfolgt auch hier mit Hilfe der Parameter Frequenz, Deckungsgrad und Flächengewicht. Allerdings beziehen sie sich in dieser Stufe auf die Kategorie Blattlegendeneinheit und nicht auf den Gesamtdatenbestand. Die Kennwerte (D, F und FG) geben demnach ihre relativen Anteile für die jeweiligen Generallegendeneinheiten innerhalb einer Blattlegendeneinheit an.

²⁹ Die darstellbare Anzahl besitzt administrativen Charakter und wird in erster Linie vom bedruckbaren Legendenplatz und erst in zweiter Linie durch fachlich - inhaltliche Gesichtspunkte bestimmt.

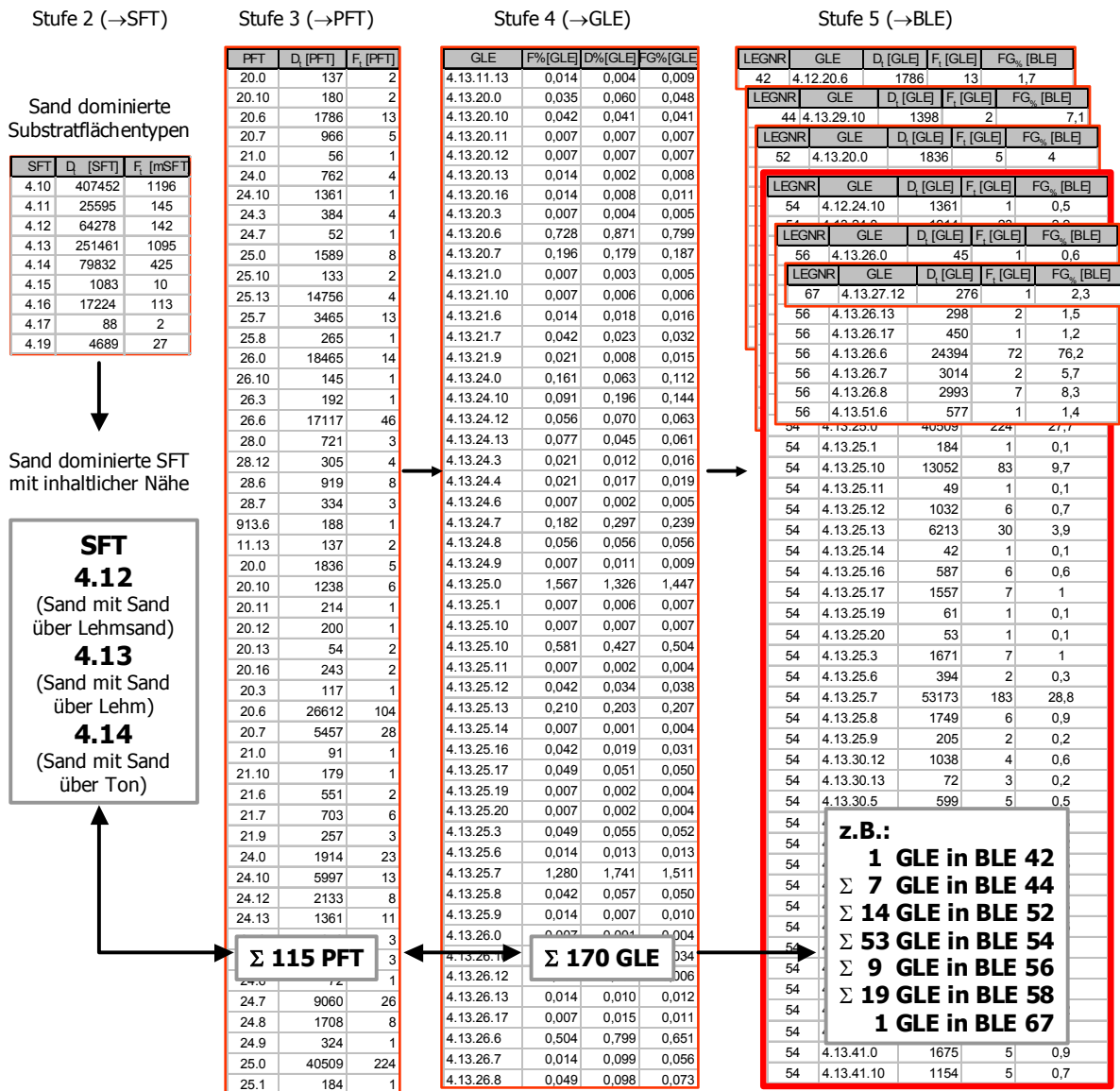


Abbildung 20: Methodischer Ablauf der Zusammenfassung von SFT und PFT zu Generallegendeneinheiten sowie zu Blattlegendeneinheiten am Beispiel der Legendeneinheit 54 (fett umrandet) zur BÜK 300 des Landes Brandenburg (Teil 1)

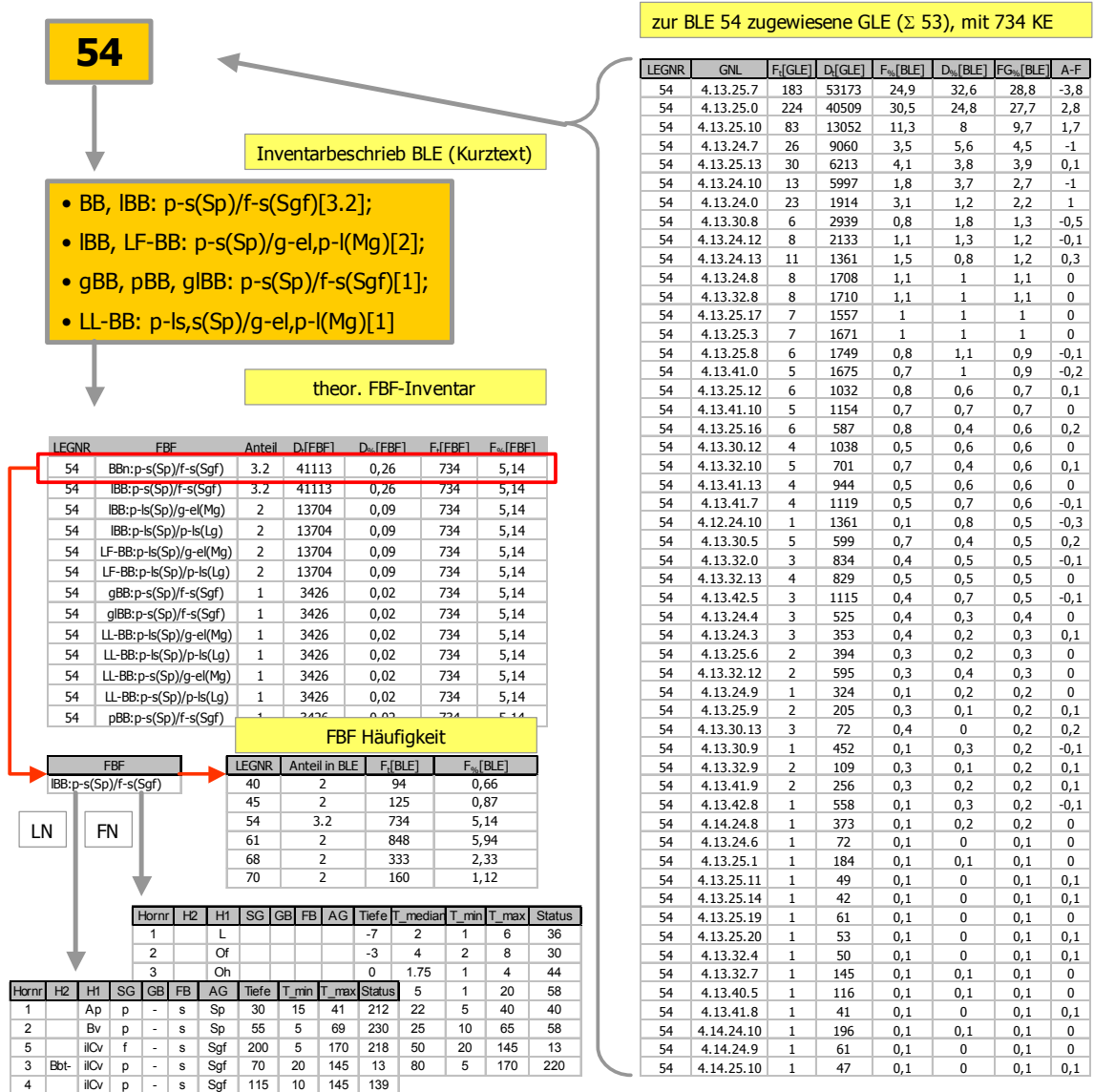


Abbildung 21: Methodischer Ablauf der Zusammenfassung von Generallegendeneinheiten zu Blattlegendeneinheiten am Beispiel der Legendeneinheit 54 zur BÜK 300 des Landes Brandenburg (Teil 2)

3.2.4 Inhaltliche Heterogenitätsmuster von Blattlegendeneinheiten (Strukturtypen)

Die grundsätzlichen Fragen des Transferierens, des Aggregierens und Klassifizierens eines Datenspektrums in eine begrenzte Anzahl von Einheiten sind auch für die Legendeninventare relevant. Der Schwerpunkt der Betrachtung soll hier auf dem Umgang mit der inhaltlichen Heterogenität liegen. ALTMANN & HAASE (1984) verwenden für die inhaltliche Heterogenität den Begriff Kontrast, der auch innerhalb der MMK (THIERE & SCHMIDT 1979, SCHMIDT & DIEMANN 1981) Relevanz besitzt. Die generellen Verhältnisse oder Relationen werden u.a. durch das Legendengliederungsprinzip, die Legendenanzahl und das systematische Kennzeichnungsniveau vorgegeben. Während das Gliederungsprinzip die Zusammenfassungskriterien vorgibt, entscheidet die Legendenanzahl und das Kennzeichnungsniveau über das Maß der Zusammenfassung bzw. über die inhaltliche Schärfe der Legendeneinheit. Auch wenn es Ziel einer jeden Legendenbildung ist, möglichst homogene Inventare zusammenzufassen, entsteht ein zwar begrenzbarer, dennoch aber existierender Kontrast innerhalb der Blattlegendeneinheiten (BLE). Dieser drückt sich in der Merkmalsdistanz zwischen den beschreibenden Bodenformen einer Legendeneinheit aus.

In diesem Zusammenhang ist von Bedeutung, inwieweit :

- das Maß an inhaltlicher Heterogenität (Kontrast) innerhalb der BLE bestimmbar ist (Heterogenitätsmaße),
- das Maß an inhaltlicher Heterogenität (Kontrast) vom Zusammenfassungsgrad bzw. –prinzip abhängt und
- die Flächenbodenformen-Inventare der BLE das inhaltliche Spektrum der Kartiereinheiten bzw. das der Generallegendeneinheiten widerspiegeln können.

Das Maß der dokumentierten inhaltlichen Heterogenität innerhalb der Legendeneinheiten ist unterschiedlich. Es wird sowohl durch die Bodenformeninventare des betrachteten landschaftlichen Ausschnitts als auch durch den Grad und die Art der Zusammenfassung der Inventare bedingt sein. Zur Quantifizierung der inhaltlichen Heterogenität wurden zunächst, in Analogie zu den bisherigen Analysen (→3.2.1 ff.), die Parameter Deckungsgrad ($D_t[BLE]$, $D_\%[BLE]$) Frequenz ($F_t[BLE]$, $F_\%[FBF]$) und der Generallegendenanteil ($x_{GLE\%}[BLE]$), jeweils bezogen auf die Kategorie Blattlegendeneinheit, verwendet. Für letzteren Kennwert gilt:

$$x_{GLE\%}[BLE] = \frac{x_{GLE}[BLE] \times 100\%}{x_{GLE}[ZD]} \quad [17]$$

$x_{GLE}[BLE]$ = Anzahl von GLE innerhalb einer BLE

$x_{GLE}[ZD]$ = Anzahl von GLE des Zieldatensatzes (ZD)

Die Wertespanspannen der blattlegendenbezogenen Absolutwerte der Parameter Frequenz ($F[BLE] = 7 - 847$) und Deckungsgrad ($D[BLE] = 708 - 222709$ ha) unterscheiden sich deutlich. Aus diesem Grund bieten sich für die Analyse die Relativwerte der Parameter ($F_\%[BLE]$, $D_\%[BLE]$) an. Die relativen Parameter können einfacher miteinander in Beziehung gesetzt und bewertet werden.

Zunächst wurden die Parameter für alle 99 Blattlegendeneinheiten gegenübergestellt und bewertet. Im Vergleich der Kennwerte zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Blattlegendeneinheiten (linker Teil Abbildung 22).

Unabhängig von den Abweichungen im Maß der parameterbezogenen Anteile, existieren unterschiedliche Relationen bzw. Dominanzverhältnisse zwischen den Kennwerten (→Anlage Tabelle 5). So zeichnen sich beispielsweise die Blattlegendeneinheiten 2, 10 und 54 im Vergleich zum Median aus allen BLE durch einen hohen Deckungsgrad aus.

Ihre landesflächenbezogenen Anteile bewegen sich deutlich über dem mittleren Deckungsgrad von $\tilde{x}_{D\%}[BLE] = 0,5\%$. In der BLE 2 dominiert die Frequenz gegenüber den anderen Parametern. Sie besitzt im Vergleich zur mittleren relativen Frequenz der Gesamtflächenanzahl ($\tilde{x}_{F\%}[BLE] = 0,64\%$) eine hohe relative Flächenhäufigkeit ($F_\%[BLE_2] = 1,94\%$). Dennoch liegt sie in ihrem Maß deutlich unter der Frequenz der BLE 54 (→Tabelle 7, Abbildung 22). Die BLE 89 besitzt hingegen sowohl einen sehr geringen Deckungsgrad als auch eine sehr geringe Frequenz. Im Vergleich zu diesen Kennwerten ist aber ihr relativer Generallegendenanteil ($x_{GLE\%}[BLE]$) deutlich erhöht. Aus dem Kennwertverhältnis kann daher gefolgert werden, dass für diese Blattlegendeneinheit relativ heterogene Inventare und ein kleinflächiges sowie seltenes Auftreten kennzeichnend sind.

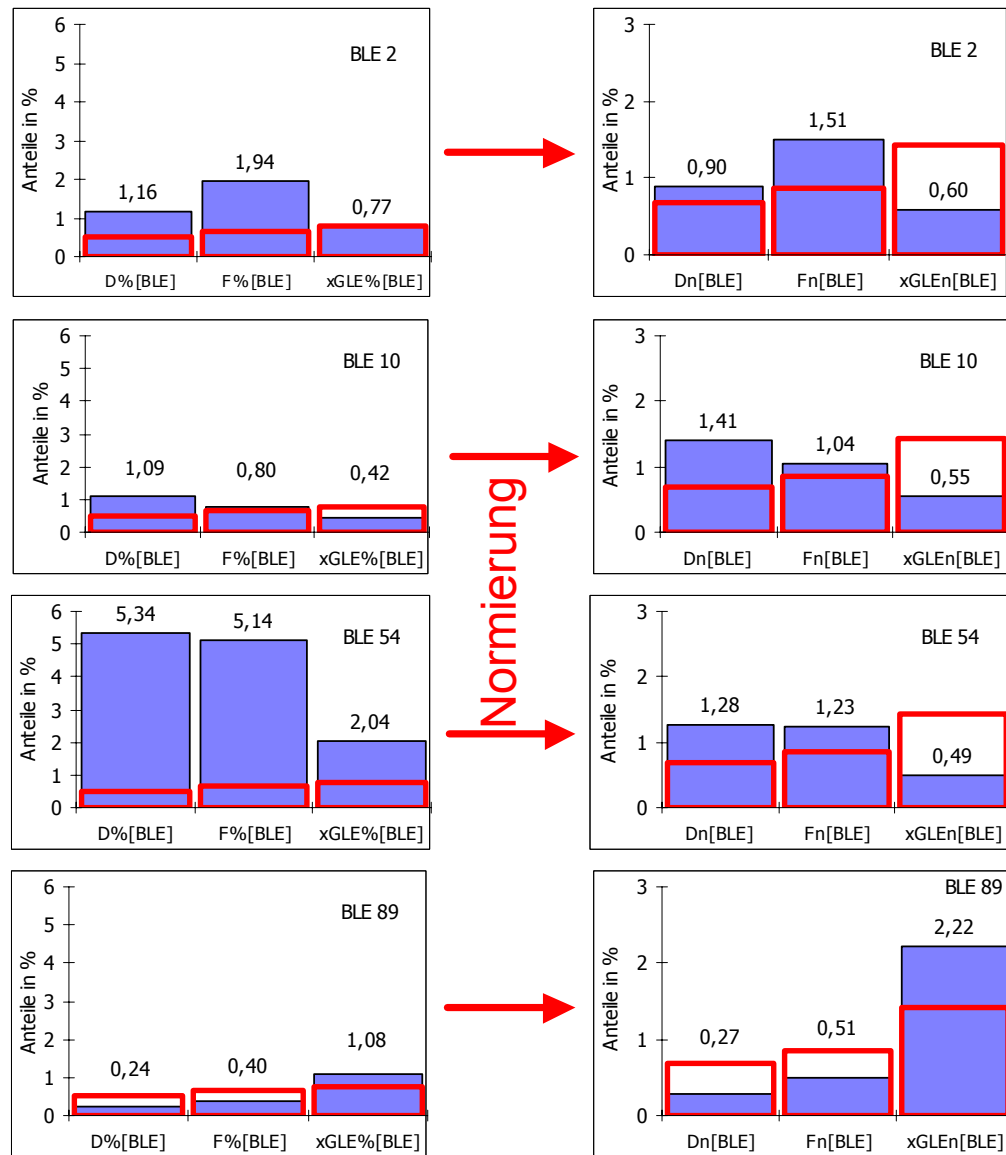


Abbildung 22: Beispiele für Verhältnisse von relativen (links) bzw. normierten (rechts) blattlegendenbezogenen Kennwerten (D, F und xGLE); die roten Linien markieren die Medianwerte für die Kennwerte $\tilde{x}_{D\%}[BLE] = 0,5\%$, $\tilde{x}_{F\%}[BLE] = 0,64\%$, $\tilde{x}_{GLE\%}[BLE] = 0,77\%$ bezogen auf den Gesamtdatenbestand

Aus den Relationen der Kennwerte zueinander lassen sich verschiedene inhaltliche Strukturtypen für die Blattlegendeneinheiten ableiten (→Tabelle 3).

Als **Strukturtypen** werden regelhaft auftretende, charakteristische Verhältnisse zwischen den Kennwerten Deckungsgrad, Frequenz und Generallegendenanteil (inhaltliche Heterogenität) aufgefasst. Sie können Aufschluss über den Grad und die Art der Flächenzusammenfassung zu einer Blattlegendeneinheit geben. Die Dominanzverhältnisse innerhalb der Strukturtypen kennzeichnen den inhaltlich-fachlichen Schwerpunkt einer jeden Blattlegendeneinheit. Aus ihnen kann die Verbreitungsintensität sowie die inhaltliche Heterogenität der BLE erfasst werden.

Für die Ableitung der Strukturtypen ist weniger das Maß der einzelnen Parameter (→Abbildung 22), als vielmehr das Verhältnis der Parameter zueinander von Bedeutung. Um die Kennwerte zueinander in Beziehung setzen zu können, müssen die Kennwerte normiert werden. Die Normierung erfolgte in zwei Schritten. Zunächst wurde ein mittlerer Wert aus den relativen Parameterwerten berechnet, der als **relatives Legengewicht** $LG_{\%}[BLE]$ bezeichnet wird (→[18]). Anschließend wurden die Parameter (D_n , F_n und x_{nGLE}) jeweils mit dem Legengewicht in das Verhältnis gesetzt, aus dem sich dann die normierten Kennwerte ergeben (→[19]).

$$LG\%[BLE_x] = \frac{(D\%[BLE_x] + F\%[BLE_x] + XGLE\%[BLE_x])}{3} \quad [18]$$

$$D_n[BLE_x] = \frac{D\%[BLE_x]}{LG\%[BLE_x]}, \quad [19]$$

$$F_n[BLE_x] = \frac{F\%[BLE_x]}{LG\%[BLE_x]}, \quad [20]$$

$$XGLE_n[BLE_x] = \frac{XGLE\%[BLE_x]}{LG\%[BLE_x]} \quad [21]$$

$LG\% [BLE]$ = relatives Legendengewicht einer BLE

$D\% [BLE]$ = relativer Deckungsgrad einer BLE

$F\% [BLE]$ = relative Frequenz einer BLE

$XGLE\% [BLE]$ = relativer Generallegendenanteil einer BLE

Für eine über die Strukturtypen hinausgehende Bewertung ist das relative Legendengewicht ($LG\%$) ein zu formaler Kennwert, da hier alle Eingangsparameter zunächst mit der gleichen Wichtung in die Berechnung eingehen. Inwieweit die hier verwendeten Parameter mit gleicher oder ungleicher Wichtung in die Legendenbildung eingehen oder um weitere Parameter ergänzt werden müssen, ist von der Thematik (Zielkategorie) abhängig. Ein verbindliches Maß ihrer Berücksichtigung lässt sich nicht festschreiben.

Unabhängig der Wichtung der Parameter zeichnen sich für die Blattlegendeneinheiten unterschiedliche Strukturmuster zwischen den Parametern ab, die über die inhaltlichen Verhältnisse in den Legdeneinheiten Aufschluss geben (Interpretation siehe Tabelle 3).

Bei der Zuweisung der BLE zu den Strukturtypen wurden nur Abweichungen von $>0,2$ zwischen den normierten Parametern als bewertungsrelevant angesehen. Im Falle geringerer Abweichungen wurden die Parameter als gleichgewichtig betrachtet.

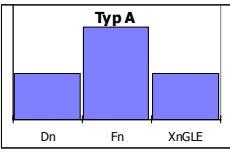
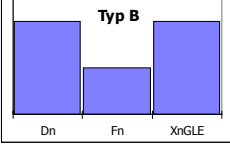
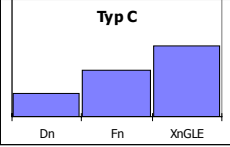
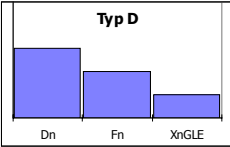
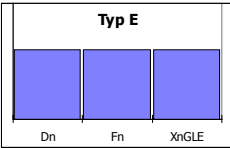
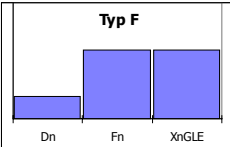
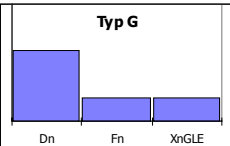
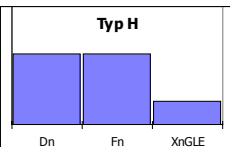
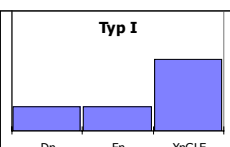
Parallel hierzu erfolgte ein Versuch, unter Nutzung der gleichen Eingangsparameter, die Blattlegendeneinheiten über eine hierarchische Clusterung³⁰ den Strukturtypen zuzuweisen. Hierfür wurden drei Cluster-Varianten getestet (6-Gruppen, 9-Gruppen bzw. 11-Gruppen). Aus Sicht der Clusteranalyse erwies sich die 6-Gruppen-Lösung zwar als Vorzugvariante, mit ihr konnte aber nicht das Spektrum an Strukturtypen i.S. der Tabelle 3 abgedeckt werden (Zuweisungsergebnis →Anhang Tabelle 10).

Die 9-Gruppen-Lösung deckt sich in ihrem Ergebnis weitgehend mit den Zuweisungen in der Tabelle 3 (→Anhang Tabelle 11). Eine Ausnahme bildet der Strukturtyp C. Hier kommt es zu einer Verschiebung von 16 Blattlegendeneinheiten in den Strukturtypen I. In beiden Fällen handelt es sich aber um Strukturtypen, die sich durch relativ kleine Flächen mit einer hohen inhaltlichen Heterogenität auszeichnen. Hier führte die Bewertung der Frequenz zu der veränderten Zuweisung.

Der Vergleich zeigt insgesamt, das über eine hierarchische Clusteranalyse der Entwurf von Strukturtypen gestützt werden kann und sich über diesen Weg die inhaltlichen Verhältnisse von Blattlegendeneinheiten typisieren lassen.

³⁰ Methode: Quadrierte Euklidische Distanz, Entferntester Nachbar

Tabelle 3: Strukturtypen von Blattlegeneinheiten³¹, normierter Deckungsgrad (D_n), normierte Frequenz, normierter Generallegendenanteil (X_{nGLE})

Strukturtypen	Relationen	Interpretation	BLE	Σ BLE
 <p>Typ A</p>	$D_n < F_n > x_{nGLE}$	relativ kleine Flächen mit relativ geringer inhaltlicher Heterogenität	1, 2, 3, 4, 21, 25, (26), 27, 29, 35, 50, 59, 72, 76	13
 <p>Typ B</p>	$D_n > F_n < x_{nGLE}$	relativ große Flächen mit relativ mäßiger inhaltlicher Heterogenität	9, 55, 62, 64, 84	5
 <p>Typ C</p>	$D_n < F_n < x_{nGLE}$	relativ kleine Flächen mit relativ hoher inhaltlicher Heterogenität	5, 6, 7, (17), 18, 22, 31, 46, 47, 48, 57, 68, 69, 75, 81, 82, 83, 87, 88, 89, 90, 91, 95, 96, 97, 98, 99	26
 <p>Typ D</p>	$D_n > F_n > x_{nGLE}$	relativ große Flächen mit relativ geringer inhaltlicher Heterogenität	10, 11, 14, 42, 43, 56	6
 <p>Typ E</p>	$D_n \cong F_n \cong x_{nGLE}$	mittlere Verhältnisse	33, 36, 38, 45, 53, (84)	5
 <p>Typ F</p>	$D_n < F_n \cong x_{nGLE}$	relativ kleine Flächen mit relativ mäßiger inhaltlicher Heterogenität	32, (36), 40, 58	3
 <p>Typ G</p>	$D_n > F_n \cong x_{nGLE}$	relativ große Flächen mit relativ geringer inhaltlicher Heterogenität	(11), 13, 15, 37, 39, 60, 85	6
 <p>Typ H</p>	$D_n \cong F_n > x_{nGLE}$	mittlere Verhältnisse mit relativ geringer inhaltlicher Heterogenität	16, 23, 26, 49, 51, 52, 54, 61, 80	9
 <p>Typ I</p>	$D_n \cong F_n < x_{nGLE}$	relativ wenige, kleine Flächen mit relativer hoher inhaltlicher Heterogenität	12, 17, 19, 20, 24, 28, 30, 34, 41, 44, 63, 65, 66, 67, 70, 71, 73, 74, 76, 78, 79, 86, 92, 93, 94	26

³¹ Typenzuweisung eventuell über Clustering referenzieren

3.3 Analyse Spektrum Flächenbodenformen

Flächenbodenformen (FBF) sind Teil verschiedener arealbeschreibender Kategorien. Sie können sich auf eine Einzelfläche, eine Legendeneinheit, ein Kartenblatt oder auf ein gesamtes Kartenwerk beziehen. Sie besitzen darüber hinaus einen indirekten Maßstabsbezug, der sich im systematischen Kennzeichnungsniveau der Flächenbodenformen ausdrückt. Der Maßstabsbezug ist insofern indirekt, da keine verbindliche Definition³² für die Verknüpfung von Maßstab und systematischem Kennzeichnungsniveau existiert. So kann sich das Kennzeichnungsniveau zwischen Flächendaten eines gleichen Maßstabs unterscheiden und sich das von unterschiedlichen Maßstäben gleichen.

Im Allgemeinen kann aber gelten:

- je größer der Maßstab, um so detaillierter das systematische Kennzeichnungsniveau;
- je kleiner der Maßstab, um so abstrakter das Kennzeichnungsniveau.

Ebenso problematisch ist die Ableitung von Bodenformeninventaren aus den Legendenbeschreibungen bestehender Karten oder Kartenwerke. Durch die häufig verwendeten Aufzählungen von Inventarkomponenten lässt sich oft nur ein „theoretisches“ Bodenformenspektrum aus den flächenbeschreibenden Kategorien ableiten. Diese weichen nicht selten von den avisierten „realen“ Inventaren der Kartenautoren (-innen) in ihrer Anzahl oder Spannweite ab (→Abbildung 23).

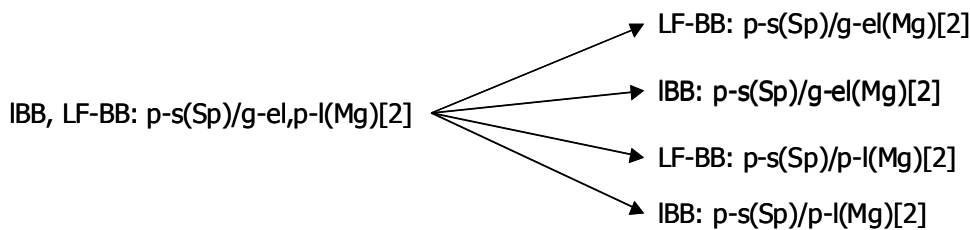


Abbildung 23: Exemplarische „Aufspaltung“ einer legendenbeschreibenden Bodenform (hier BLE 54) in theoretische Flächenbodenformen

Die Angabe von Spannen in Form von Bodenformeninventaren ist dabei ein bewusst verwendetes Instrument zur Kennzeichnung von Übergängen und Vergesellschaftungen innerhalb der Boden-decke. Diese Kennzeichnungsform erschwert aber das Auslesen der für die Auswertemethoden wesentlichen Flächenbodenformen aus den flächenbeschreibenden Kategorien. Neben diesem inventar- oder bodengesellschaftsbezogenen Darstellungsprinzip wird in anderen Kartenwerken oder Flächendatenbanken auch ein monotypischer Ansatz verfolgt. Letzterer hat den Vorteil, dass er die für die Auswertethemen notwendige Parameterbelegung vereinfacht. Allerdings schränkt dieser Ansatz auch die Sicht auf das in der Landschaft real existierende Bodenformenspektrum ein.

3.3.1 Struktur und Umfang der Flächenbodenformeninventare

Aus den Legendenbeschreibungen zu den 99 Blattlegendeneinheiten der BÜK 300 des Landes Brandenburg (Stand Druck 2001) leiten sich zunächst theoretisch 958 Flächenbodenformen ab. Diese große Anzahl ergibt sich aus der Zugehörigkeit der Flächenbodenformen zu einer oder zu mehreren Legendeneinheit(-en), dem jeweiligen legendenbezogenen Flächenanteil und durch die alternativen Merkmalsaufzählungen bei boden- und substratsystematischen Einheiten. So lässt sich der Inventarbeschrieb zur Blattlegendeneinheit 54 theoretisch in 13 verschiedene

³² i.S. von bundeseinheitlich

Flächenbodenformen aufspalten (→Abbildung 24).

Unabhängig von diesen blattlegendenbezogenen Kriterien besteht das Bodenformenspektrum aus 651, sich inhaltlich unterscheidenden Flächenbodenformen³³. Diese 651 FBF bilden das Grundgerüst für das Flächenbodenformenarchiv Brandenburgs³⁴, an dem auch die flächenbeschreibenden Bodenformen für anderer Maßstäbe (BK 50, BÜK 100, BÜK 200) über ein hierarchisches System miteinander verbunden werden können.

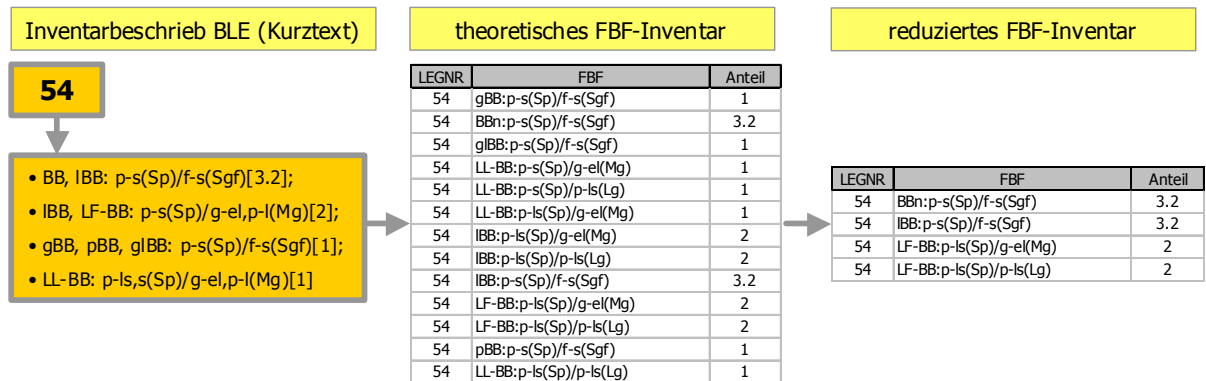


Abbildung 24: Beispiel für theoretische und reduzierte Flächenbodenformeninventare der Blattlegendeneinheiten

Mit Blick auf die Anwendungsbereiche der BÜK 300 des Landes Brandenburg wurde für den potenziellen Nutzerkreis die Gesamtliste von 651 auf 291 Flächenbodenformen eingengt und in Form einer Prioritätenliste definiert (→Abbildung 24).

Diese Begrenzung bezieht sich nur auf die zu parameterisierenden digitalen Inventarbeschriebe mit dem Ziel, das Spektrum und die Anzahl an Flächenbodenformen für den Nutzer überschaubar und damit interpretierbar zu halten. Die selektierten Flächenbodenformen der Prioritätenliste ermöglichen dennoch eine ausreichend breite Merkmals- und Flächenbelegung der Legendeneinheiten. Für spezielle Fragestellungen ist der Zugriff auf den Gesamtbestand des Flächenbodenformenarchivs jederzeit möglich.

Die Reduzierung erfolgte durch die Zusammenfassung von inhaltlich „verwandten“ und merkmalsnahen Bodenformen und mit der Absicht, den digitalen Inventarbeschrieb möglichst auf vier Flächenbodenformen je Blattlegendeneinheit zu begrenzen (→Abbildung 24). Ausnahmen bildeten Legendeneinheiten die sich durch einem hohen inhaltlichen Kontrast auszeichnen, wie z.B. den anthropogenen Bodengesellschaften im Stadtgebiet Berlins.

Die Verknüpfung zwischen Flächenbodenformenarchiv und Zieldatensatz erfolgt über die Legendeneinheit und die legendenbezogenen Flächenanteile der Bodenformen (→Abbildung 25). Die Berücksichtigung von Flächenanteilen innerhalb der Auswertung geht damit über einen monotypischen Ansatz hinaus und berücksichtigt den Aspekt der Bodenvergesellschaftung.

³³ Bodenformen ohne Duplikate

³⁴ Da die BÜK 300 als Landesübersicht übergreifenden Charakter besitzt kann sie als inhaltliches Grundgerüst auch für die anderen Maßstabsbereiche gelten.

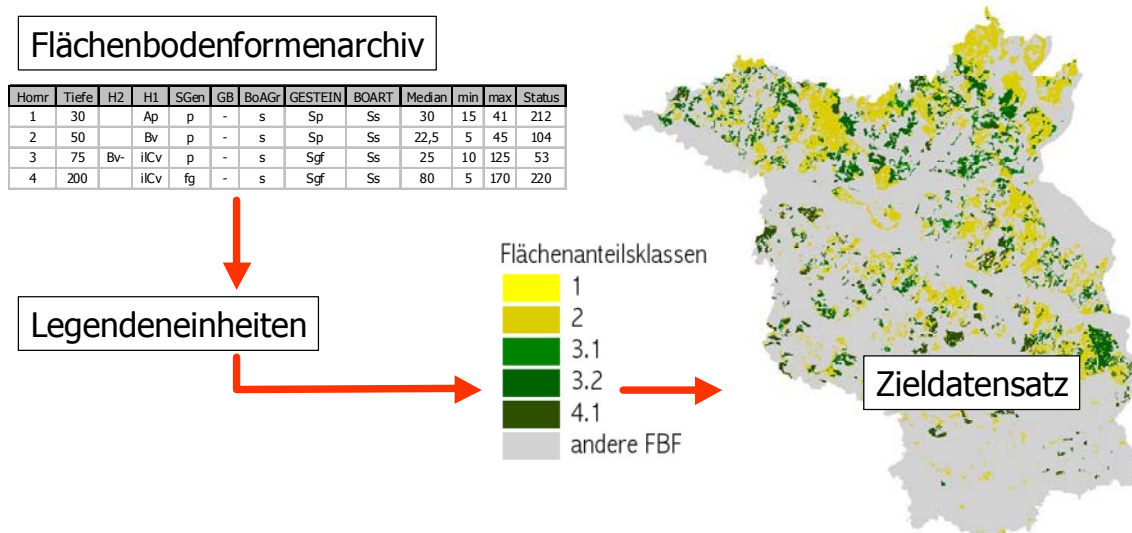


Abbildung 25: Verknüpfung von Flächenbodenformenarchiv und Ziel Datensatz (BÜK 300)

3.3.2 Verbreitungsgrade der Flächenbodenformen

In der Regel besitzen die einzelnen (Archiv-) Flächenbodenformen jeweils einen Bezug zu mehreren Legendeneinheiten. In diesem Zusammenhang sind die Kennwerte Deckungsgrad [23] und Frequenz [24] für die Flächenbodenformen auch unabhängig von ihrer Legendenzugehörigkeit von Interesse. Aus diesen Kennwerten lässt sich für jede Flächenbodenform ein relatives Flächengewicht ($FG_{\%}[FBF]$) [25] sowie ein Verbreitungsgrad (V) ermitteln, die ihrerseits die Bedeutung der einzelnen Flächenbodenformen innerhalb des Ziel Datensatzes definieren. Die Ableitung der Kennwerte erfolgt in Anlehnung an die unter →3.2.3.1 beschriebene Beziehung →[16] und Klassengrenzen. Sie werden hier unter Berücksichtigung der legendenbezogenen Flächenanteile der Flächenbodenformen, aber unabhängig ihrer direkten Legendenzugehörigkeit betrachtet. D.h. die legendenbezogenen errechneten Kennwerte der FBF wurden legendenübergreifend aufsummiert. Für die Flächenanteile wurde der mittlere Wert der jeweiligen Anteilsklasse (KA4) für die Berechnung herangezogen.

Im Einzelnen wurden zunächst den Flächenbodenformen ihr blattlegendenbezogener Anteil am Deckungsgrad und Frequenz zugewiesen. Anschließend wurden die Anteile gleicher Flächenbodenformen unabhängig ihrer Legendenzugehörigkeit aufsummiert und zum Gesamtdatenbestand ($D[ZD]$ bzw. $\sum KE[ZD]$) in Beziehung gesetzt [23], [24].

$$D_{\%}[FBF] = \frac{\sum [D[FBF_{LE1}] + D[FBF_{LE2}] + \dots + D[FBF_{LEn}]] * 100\%}{D_{ZD}} \quad [22]$$

$D[FBF_{LE}]$ = legendenbezogener Deckungsgrad einer FBF

$D[ZD]$ = Deckungsgrad des Ziel Datensatzes (ZD)

$$F_{\%}[FBF] = \frac{\sum [F[FBF_{LE1}] + F[FBF_{LE2}] + \dots + F[FBF_{LEn}]] * 100\%}{\sum KE_{ZD}} \quad [23]$$

$F[FBF_{LE}]$ = legendenbezogene Frequenz einer FBF

KE_{ZD} = Gesamtflächenanzahl des Ziel Datensatzes (ZD)

$$FG\% [FBF] = \frac{(D\% [FBF] + F\% [FBF])}{2}$$

[24]

$D\% [FBF]$ = relativer Deckungsgrad einer FBF

$F\% [FBF]$ = relative Frequenz einer FBF

Die Werte für das Flächengewicht der FBF ($FG\% [FBF]$) zeichnen das Wertespektrum der Parameter Deckungsgrad und Frequenz weitgehend nach (→Anhang). Sie schwanken für das Flächengewicht zwischen 8,2 im Maximum ($pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)$)³⁵ und 0,0022 im Minimum ($OLn:oj-n(^k)$)³⁶. Der Median liegt bei $\tilde{X}_{FG\%} [FBF] = 0,0914$. Dies entspricht einem mittleren Deckungsgrad von 192 ha (Median) bzw. einer mittleren Frequenz von 14.

In der Analyse der Kennwerte fällt eine Gegenläufigkeit zwischen der Anzahl von Flächenbodenformen innerhalb der 4 Verbreitungsgrade und ihrer flächenhaften Bedeutung für den Gesamt-datenbestand auf (→Abbildung 26). So besitzen nur wenige Flächenbodenformen ein hohes Flächengewicht bzw. einen hohen Verbreitungsgrad (V4). Letztere umfassen lediglich 7,5 % (n=22) des hier betrachtenden Gesamtspektrums an Flächenbodenformen (n=291), charakterisieren inhaltlich aber über 56 % der Landesfläche. Der Großteil der Bodenformen zeichnen sich hingegen durch mittlere (V3) und geringe Verbreitungsgrade (V2) aus, die ihrerseits aber nur 37,4 % (V3) bzw. 6 % (V2) der Gesamtfläche beschreiben können.

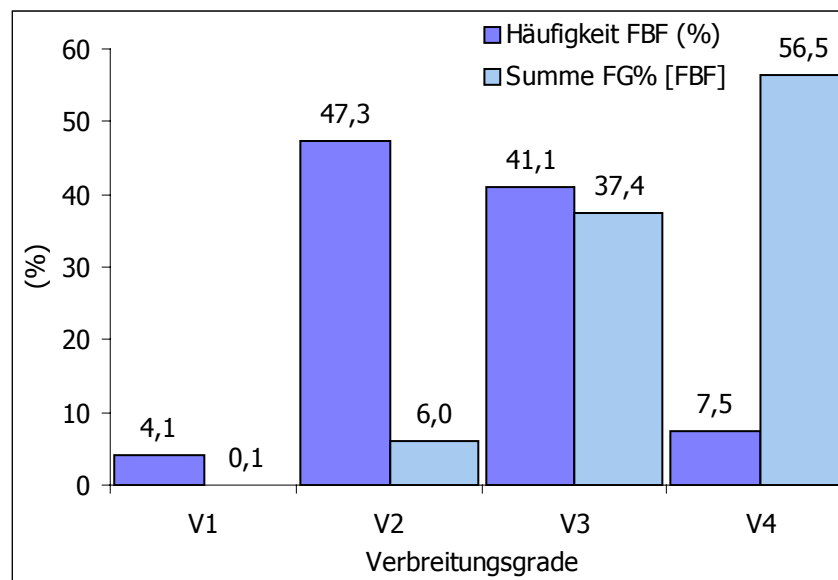


Abbildung 26: Anteile (%) und Summen der Flächengewichte (%) der Flächenbodenformen zur BÜK 300 bezogen auf die Verbreitungsgrade

In einem weiteren Schritt war zu prüfen, inwieweit das Spektrum der FBF mit den anderen flächenbezogenen Kategorien des Zieldatensatzes, wie Deckungsgrad, Frequenz und Generallegendenanteil, korrespondiert (→Abbildung 27).

Grundsätzlich zeigt sich im Flächenbodenformenarchiv die Dominanz von FBF, die zur Beschreibung von Flächeneinheiten aus glazigenen und periglaziären Sedimenten dienen (>38%). Dieser hohe Anteil³⁷ begründet sich durch den hohen Deckungsgrad und die hohe Frequenz der Areale dieses

³⁵ Podsolige Braunerde aus Sand (Geschiebedecksand) über Fluvisand (Schmelzwassersand)

³⁶ Lockersyrosem aus Anthroschutt (Kalkstein)

³⁷ 111 Flächenbodenformen bezogen auf das Gesamtspektrum von 291 Flächenbodenformen.

Substratgeneseffächentyps. Dennoch liegt im Verhältnis zu den anderen Kriterien der Anteil der Flächenbodenformen ($x_{\text{FBF}\%}$ [SGFT4]) deutlich unter den Anteilen von Deckungsgrad oder Frequenz (→Abbildung 27).

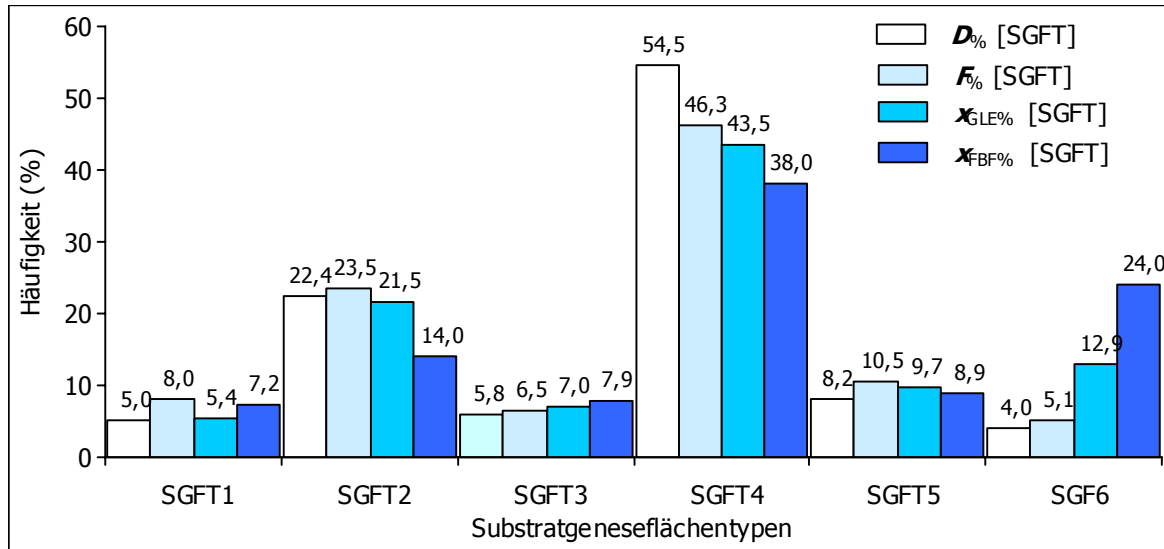


Abbildung 27: Gegenüberstellung von relativen Deckungsgrad ($D_{\%}$), relativer Frequenz ($F_{\%}$), relativer Generallegendenanteil ($x_{\text{GLE}\%}$) und relativen Flächenbodenformenanteil ($x_{\text{FBF}\%}$) jeweils bezogen auf die Substratgeneseffächentypen (SGFT)

Ein abweichendes Bild zeigen die Flächenbodenformen der fluviatilen Sedimente (SGFT2). Sie besitzen zwar ebenfalls einen hohen Deckungsgrad bzw. eine hohe Frequenz, aber der Anteil an der FBF ($x_{\text{FBF}\%}$ [SGFT2] = 14%) knickt deutlich ab. Der für die Flächenbeschreibung notwendige Anteil von Flächenbodenformen ist im relativen Vergleich zu anderen Substratgeneseffächentypen geringer. Als Ursache hierfür kann das eingeschränkere Spektrum an Substraten bzw. an pedogenetischen Prozessen innerhalb dieser Areale angesehen werden.

In den Substratgeneseffächentypen 1, 3 und 5 bleiben die anteiligen Verhältnisse zwischen den Kriterien auf einem etwa gleichen Niveau.

Deutlich abweichende Verhältnisse charakterisieren die Gruppe der anthropogenen Sedimente (SGFT6). Hier steht ein geringer Deckungsgrad und eine geringe Frequenz einem höheren Generallegendenanteil ($x_{\text{GLE}\%}$ [SGFT6]) und einem noch höheren Flächenbodenformenanteil ($x_{\text{FBF}\%}$ [SGFT6]) gegenüber. Dies ist ein Zeichen für einen hohen inhaltlichen Kontrast innerhalb dieses Substratgeneseffächentyps. Wie schon erläutert (→3.2.2), wird dieser hohe Kontrast hauptsächlich durch eine „Substratvielfalt“ verursacht, wohingegen das pedogenetische Spektrum dieses Substratgeneseffächentyps eher begrenzt ist.

3.3.3 Vergleich mit anderen Flächenbodenformeninventaren

Eine Gegenüberstellung mit flächenbeschreibenden Bodenformeninventaren anderer Kartenwerke soll klären, inwieweit das Flächenbodenformenarchiv zu BÜK 300 in seinem Umfang und in seinem systematischen Kennzeichnungsniveau vergleichbar ist. Hierfür bieten sich grundsätzlich die Kartenwerke der angrenzenden Bundesländer, sowie die BÜK 200³⁸ als bundesweiter Flächendatensatz an (HARTWICH et al. 1995b, KRUG & HARTWICH 2001). Letzterer Datensatz ist herauszustellen, da die inhaltliche Kennzeichnung dieser Flächendatensätze auf einem einheitlichen Legendenprinzip (Bodengroßlandschaften) und der aktuellen Boden- und Substratsystematik (Bd. 86, AK BODENSYSTEMATIK 1998) beruhen. Zudem greifen die Brandenburger Anteile zur

³⁸ Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland im Maßstab 1:200 000,

BÜK 200 und die BÜK 300 Brandenburg auf denselben Basisdatensatz zurück (→Abbildung 10). Ein Vergleich mit den Landesübersichten anderer Bundesländer erwies sich weniger sinnvoll, da diese in ihrem Maßstab ($\leq 1:400\,000$, DANN et al. 1995, GEHRT et al. 1995), in ihrer inhaltlichen wie räumlichen Auflösung (WÜNSCHE et al. 1993) oder in ihren systematischen Kennzeichnungssystemen (SCHRÖDER et al. 1995) erheblich von dem Zieldatensatz abweichen. Folglich konzentrierten sich die vergleichenden Betrachtungen auf die bisher veröffentlichten Blätter zur BÜK 200 (→Tabelle 4).

Tabelle 4: Gegenüberstellung der Umfänge von legendenbeschreibenden Bodenformen zur Bodenübersichtskarte 1:200 000 (BÜK 200), Flächendatenbank im Fachinformationssystem Bodenkunde der BGR (FISBo BGR), Bearbeitungsstand 12/2002 (KRUG 2002), n [KE]=Anzahl an Kartiereinheiten, \tilde{x}_A [KE] =Median der Flächengröße, ΣA [KE]=Gesamtfläche, n [BLE]=Anzahl an Blattlegendeneinheiten, n [FBF(mD)]=Anzahl an FBF mit Dublikaten, n [FBF(oD)]=Anzahl an FBF ohne Dublikate, \bar{D} [FBF] =mittlerer Deckungsgrad einer FBF, $\bar{D}\%$ [FBF] = relativer Deckungsgrad einer FBF, $n\bar{D}$ [FBF] =auf den mittleren Deckungsgrad normierte Anzahl an FBF, \bar{F} [FBF] =mittlere Frequenz einer FBF, $\bar{F}\%$ [FBF] =relative Frequenz einer FBF, $n\bar{F}$ [FBF] =auf die mittlere Frequenz normierte Anzahl an FBF, hinterlegte Werte entsprechen jeweils den höchsten Werten

Blattname Parameter	Flensburg CC1518	Neumünster CC2318	Lübeck CC2326	Braunschweig CC3926	Kassel CC4718	Leipzig CC4734	Trier CC6302	Stuttgart-Süd CC7918	Augsburg CC7926	München CC7934	Passau CC7942	Median	Berlin CC3942
n [KE]	1356	1314	1427	1471	2281	1398	1021	1950	2507	2063	1293		3336
\tilde{x}_A [KE] (ha)	53	85	66	93	90	164	116	93	63	112	68	91,3	94
ΣA [KE] (km ²)	4908	7307	6642	8050	8193	8160	6589	8765	8683	8737	4352		8078
n [BLE]	93	89	68	73	80	82	95	68	77	56	71		89
n [FBF(mD)]	478	402	400	271	374	263	443	248	282	181	254		375
n [FBF(oD)]	234	185	217	233	290	219	260	189	181	118	144		253
\bar{D} [FBF] (ha)	1027	1818	1661	2971	2191	3103	1487	3534	3079	4827	1713	2191	2154
$\bar{D}\%$ [FBF]	0,21	0,25	0,25	0,37	0,27	0,38	0,23	0,40	0,35	0,55	0,39	0,35	0,27
$n\bar{D}$ [FBF]	224	334	303	367	374	372	301	400	396	399	199		369
n [FBF]/ $n\bar{D}$ [FBF]	2,13	1,21	1,32	0,74	1,00	0,71	1,47	0,62	0,71	0,45	1,28		1,02
\bar{F} [FBF]	5,8	7,1	6,6	6,3	7,9	6,4	3,9	10,3	13,9	17,5	9,0	7,1	13
$\bar{F}\%$ [FBF]	0,43	0,54	0,46	0,43	0,34	0,46	0,38	0,53	0,55	0,85	0,69	0,46	0,40
$n\bar{F}$ [FBF]	191	185	201	207	321	197	144	275	353	291	182		470
n [FBF]/ $n\bar{F}$ [FBF]	2,50	2,17	1,99	1,31	1,16	1,34	3,08	0,90	0,80	0,62	1,39		0,80

Das Ziel der Überlegungen bestand in der Frage, inwieweit sich aus den bereits vorliegenden Bodenformeninventaren zur BÜK 200 ein „mittlerer“ Umfang an flächenbeschreibenden Bodenformen ableiten lässt. Hierfür war zunächst eine Normierung der Angaben zum Umfang der legendenbeschreibenden Bodenformen notwendig, da nicht alle Kartenblätter die volle Fläche eines Blattschnittes ausfüllen (Bundesgrenze). Die Normierung erfolgte über die Gesamtfläche (Deckungsgrad) und die Gesamtflächenanzahl (Frequenz) des jeweiligen Kartenblattes. Auf der Basis dieser normierten Kennwerte wurden im Folgenden ein mittlerer Deckungsgrad (\bar{D} [FBF], $\bar{D}\%$ [FBF]) und eine mittlere Frequenz (\bar{F} [FBF], $\bar{F}\%$ [FBF]) für die Ebene der Flächenbodenform berechnet.

Um eine Vergleichbarkeit mit dem Zieldatensatz zu ermöglichen, wurde für die Berechnung der Kennwerte nur der Ausschnitt für das Blatt Berlin (CC3942) berücksichtigt und im Weiteren getrennt von der Stichprobe der anderen Kartenblätter betrachtet.

Die Gegenüberstellung (→Tabelle 4) zeigt, dass sich die Werte für den mittleren relativen Deckungsgrad ($\bar{D}\%$ [FBF]) und für die mittlere relative Frequenz ($\bar{F}\%$ [FBF]) über die Kartenblätter hinweg in ähnlichen Größenordnungen bewegen. Eine Ausnahme bildet das Blatt München

(CC7991). Hier sind die Kennwerte gegenüber dem Median aus allen Flächendatensätzen ($\tilde{X}_{D\%}[FBF]=0,35$, $\tilde{X}_{F\%}[FBF]=0,46$) etwas erhöht. Sie sind die Folge einer relativ geringen Anzahl an Kartiereinheiten ($n[KE]=2063$) und Flächenbodenformen ($n[FBF(mD)]^{39}=181$).

In einem weiteren Schritt wurde auf Basis der Mediane für die relativen Kennwerte ($\tilde{X}_{D[FBF]}=2191(\text{ha})$, $\tilde{X}_{F[FBF]}=7,1$) die Anzahl der blattbezogenen Flächenbodenformen über den Deckungsgrad sowie über die Frequenz in Beziehung gesetzt und eine gewichtete Flächenbodenformenanzahl ($n_{D[FBF]}, n_{F[FBF]}$) berechnet. In der Gegenüberstellung zu den originären Flächenbodenformenanzahlen zeigen sich deutliche Unterschiede zu den gewichteten Anzahlen, die sich über das gegenseitige Verhältnis ausdrücken lassen ($n[FBF]/n_{D[FBF]}$, $n[FBF]/n_{F[FBF]}$). Verhältniswerte von >1 lassen ein detaillierteres Spektrum und Verhältniswerte <1 ein abstrakteres Spektrum vermuten. Eine weitere inhaltliche Analyse ist aber nicht Ziel der Betrachtung, auch wenn sich unter Nutzung der von FUCHS (2002) vorgeschlagenen Indizes (Shannon-Index, Simpson-Index) auch ein unterschiedliches Maß an räumlicher Heterogenität angenommen werden kann (\rightarrow Anlage Tabelle 12). Von größerer Relevanz war die Frage, inwieweit der für die BÜK 300 vorgeschlagene Flächenbodenumfang mit denen der BÜK 200 harmonisiert. Hierbei zeigt sich, dass bezogen auf den mittleren Deckungsgrad die avisierten Umfänge fast deckungsgleich sind ($n[FBF(mD)]=375$, $n_{D[FBF]}=369$). Hinsichtlich der mittleren Frequenz zeigen sich deutlichere Unterschiede ($n_{F[FBF]}=470$), die als eine Folge der großen Anzahl an Kartiereinheiten anzusehen sind.

Grundsätzlich lässt sich aber eine Vergleichbarkeit im numerischen Umfang an notwendigen Flächenbodenformen feststellen. In ihrem boden- bzw. substratsystematischen Kennzeichnungsniveau besitzen sie eine weitgehende Übereinstimmung zu den Flächenbodenformeninventaren zur BÜK 200 (KRUG & HARTWICH 2001).

3.4 Zusammenfassung Flächendatenanalyse

Die Methodenentwicklung erfordert für die Parameterisierung von flächenbezogenen Profil- und Horizontdaten ein inhaltlich begründbares Inventar an Flächenbodenformen, welches sich in einer reproduzierbaren Form aus den Flächendaten ableiten lässt. Eine Voraussetzung hierfür bildet die Kenntnis zu den inhaltlichen und zu den arealbezogenen Schwerpunkten der dokumentierten bodenkundlichen Flächeninformationen. Ziel der Analyse war es daher, die inhaltliche Struktur in den Flächendaten zu erkennen und sie zu bewerten. Als Prüfkriterien boten sich zunächst die bereits von HAASE & SCHMIDT (1970) eingeführten arealbezogenen Kennwerte wie Deckungsgrad und Frequenz an. Ihre Relativwerte ($D_{\%}$, $F_{\%}$) werden innerhalb der Flächendatenanalyse gemeinsam mit dem relativen Generallegendenanteil ($x_{\%GLE}$) in ihrem Verhältnis zueinander bewertet. Letzterer dient zur Kennzeichnung der inhaltlichen Heterogenität i.S. von SCHMIDT & DIEMANN (1991) bzw. des Kontrastes i.S. von ALTMANN & HAASE (1984) innerhalb der verschiedenen flächenbeschreibenden Kategorien. Um eine vergleichbare Beurteilung der Kennwertverhältnisse zu garantieren, wurden die Bewertungskriterien um den hier eingeführten **Harmoniewert** erweitert.

Mittels der Harmoniewerte (und ihrer Harmonieschranken) kann analysiert werden, inwieweit zwischen den arealbezogenen Kennwerten ein harmonisches (ausgeglichenes) oder disharmonisches (Dominanz eines Kennwertes) Verhältnis besteht. Die Berechnung der Harmonieschranken, innerhalb derer ausgeglichene Verhältnisse postuliert werden können, erfolgt formelbasiert. Dadurch wird garantiert, dass sich die Anwendbarkeit nicht auf diesen konkreten Zieldatensatz beschränkt, sondern auch auf andere Flächendatensätze übertragbar ist.

Ziel der Harmoniewertanalyse ist es weniger, die Güte der Flächenzusammenfassung (Blattlegendenbildung) zu bewerten, sondern vielmehr herauszustellen, welche Kriterien bei der Zusammenfassung besonders berücksichtigt wurden. Hierbei zeigen sich deutliche Unterschiede innerhalb der flächenbeschreibenden Kategorien (\rightarrow Abbildung 15, 17).

Diese Unterschiede wirken einerseits auf den Umfang und das Spektrum des Inventars an zu parameterisierenden Flächenbodenformen und andererseits auf den Bedarf an zu verknüpfenden

³⁹ Berechnungsgrundlage bildeten die Flächenbodenformen mit Duplikaten, die als Anzahl aller legendenbeschreibenden Bodenformen aufgefasst werden kann.

Punktdaten zurück. So beanspruchen die anthropogen geprägten Areale, durch ihr hohes Maß an inhaltlicher Heterogenität (Kontrast) einen höheren Anteil am Flächenbodenformenarchiv, als ihnen aufgrund ihres Deckungsgrades oder ihrer Frequenz „zusteht“. Dieser Umstand ist insofern problematisch, als dass für die urban-industriell geprägten Areale, inklusive ihrer Flächenbodenformen, nur ein grober Kenntnisstand besteht. Dieser dokumentiert sich auch über die begrenzte Anzahl von aufgenommenen und beprobten Profilen.

Diese Defizite beschränken sich nicht nur auf die Brandenburger Datengrundlagen, sondern haben bundesweiten Charakter (Quellen). Zwar existieren für größere Ballungsräume wie Berlin bodenkundliche Flächendaten (GRENZIUS & BLUME 1985, SENAT-BERLIN 2004), die aber aufgrund ihrer methodischen Konzepte nur begrenzt vergleichbar sind (KÜHN 2001) und in ihren Parameterdatensätzen (GRENZIUS 1986) digital nicht verfügbar sind.

Innerhalb der Bodenflächendaten werden die Gesellschaften der urbanen Böden bisher nur unzureichend berücksichtigt (oft nur über Rasterung oder Versiegelungsstufen), gleichwohl sie mit mittlerweile fast 8% des Gesamtterritoriums (STATISTISCHES BUNDESAMT 2004) einen erheblichen und leider stark wachsenden Flächenanteil einnehmen (Flächenverbrauch). In der BÜK 300 wurde versucht, diese Areale in einem über den Versiegelungsgrad hinausgehenden, differenzierteren Kennzeichnungsansatz zu beschreiben (KÜHN 2001) und mit Bodenformeninventaren zu hinterlegen. Sie besitzen zwar einen weitgehend hypothetischen Charakter, dennoch sollen sie den Nutzerblick auf diese Problematik verstärken.

Die eingeführten Parameter **Flächengewicht** und **Verbreitungsgrad** sollen die arealbezogene Bedeutung der einzelnen Flächenbodenformen für den Zieldatensatz herausstellen. Das Flächengewicht bzw. deren Klassifizierung in vier Verbreitungsgrade drückt die Kriterien Deckungsgrad und Frequenz in einem übergreifenden Kennwert aus. In der Analyse der Verbreitungsgrade zeigt sich, dass nur wenige Flächenbodenformen (n=22) einen hohen Verbreitungsgrad besitzen, aber über 56 % der Landesfläche anteilig beschreiben. Die Flächenbodenformen mit einem hohen bzw. mittleren Verbreitungsgrad sind bei der späteren Parameterisierung besonders zu berücksichtigen. Sie sind für den Zieldatensatz von großer Bedeutung, da sich ihre Ableitungsgüte, wie auch die ggf. bestehenden Datenlücken sehr flächenintensiv auswirken.

Die Verbreitungsgrade erlauben ebenfalls Aussagen zur Seltenheit und Häufigkeit von Bodenformengesellschaften oder Flächenbodenformen. Sie sind daher für bodenschutzbezogene Fragestellungen interessant (BBODSCHG 1998, LUA 2003). In diesem Zusammenhang muss jedoch beachtet werden, dass sich die vorgenommene Gruppierung in die Verbreitungsgrade auf den Flächendatenbestand zur BÜK 300 und deren systematisches Kennzeichnungsprinzip beruht. Die Seltenheit einer Flächenbodenform ergibt sich folglich aus den inhaltlichen (Bodensystematik) und räumlichen (Darstellungsgröße) Möglichkeiten eines mittelmaßstäbigen Flächendatensatzes. Seltene Böden i.S. des BBODSCHG (1998) haben oft ein nur „punktuell“ Vorkommen (→Fuchserden, SOLGER 1960, HERING et al. 2004) oder beziehen ihre Seltenheit aus der Kombination mit anderen Faktoren wie z.B. bodenbildendes Substrat (→Podsol von Sternebeck, KOPP 1965) oder historische Nutzungsformen (→Wölbacker, HIEROLD & NAGEL 2001).

Ein weiteres Ergebnis der Flächendatenanalyse bilden die für die Blattlegendeneinheiten abgeleiteten **Strukturtypen** (→Tabelle 3). Mit ihnen wird die Forderung von LÖSEL & HENNINGS (2003) aufgegriffen, Legendeneinheiten mit Heterogenitätsmaßen auszustatten. Sie entsprechen Flächentypen, die sich durch ein ähnliches Beziehungsgefüge zwischen den Kriterien Deckungsgrad, Frequenz und Generallegendenanteil auszeichnen. Die Strukturtypen ermöglichen eine regelbasierte Charakterisierung der inventarbedingten Heterogenitäts- und Dominanzverhältnisse in den Blattlegendeneinheiten. Sie liefern damit wichtige Hinweise für die spätere Beurteilung der Tragfähigkeit von Ableitungsergebnissen. Ihr Berechnungsansatz sieht ebenfalls die Übertragbarkeit auf andere Flächendatensätze vor und kann über eine hierarchische Clusteranalyse abgesichert werden.

4 Punktdatenanalyse

4.1 Datenquellen, Datenqualitäten, Datentransformation der Punktdaten

Bodenkundlich relevante Daten, hier im Sinne von Punktdaten, werden seit Jahrzehnten mit unterschiedlicher Intensität und Zielstellung erhoben und dokumentiert. Unabhängig von ihrer realen quantitativen und qualitativen Informationsmenge besitzen die einzelnen Datenquellen eine enorme Bedeutung. Diese ist umso größer einzustufen, als dass es sich um Datenbestände handelt, die sich in heutiger Zeit weder in ihrer Größenordnung, noch in ihrem Datenumfang in einer annähernd wiederholbaren Weise erheben lassen. So erreichen allein die Grablochbeschriebe der Reichsbodenschätzung (BODSCHÄTZTECHNANW 1935) für das Land Brandenburg einen Umfang von ca. 700 000 Profildatensätzen⁴⁰ (MORSTEIN 2004). Die Ergebnisse aktueller bodenkundlicher Kartierungen verfügen i.d.R. zwar über ein erheblich breiteres Parameterspektrum, welches aber zu Lasten der Punktdatendichte geht. Infolgedessen besitzt ein Großteil der nominell verfügbaren Datenbestände den Status von Altdaten oder Fremddaten.

Als **Altdaten** werden statische Datenbestände⁴¹ bezeichnet, die durch Dritte erhoben wurden und dem LGRB zur Verfügung stehen oder dessen Eigentum sind. Sie entsprechen in ihren Erfassungsstandards nicht der derzeit gültigen Nomenklatur i.S. der KA4 (AG BODEN 1994). Im Unterschied zu den Altdaten handelt es sich bei den **Fremddaten** um dynamische Datenbestände, die auf den aktuellen Kennzeichnungsregeln beruhen. Sie wurden entweder durch Dritte erhoben und dem LGRB zur Verfügung gestellt oder vom LGRB selbst in Auftrag gegeben.

Unabhängig von ihrer Herkunft besteht die Notwendigkeit (→2.3.4), einen Großteil der verfügbaren Daten in die Betrachtung einzubeziehen.

4.1.1 Allgemeine Anforderungen an Punktdaten

Obwohl die erhobenen Informationen letztlich alle zur Charakterisierung des Mediums Boden dienen, unterscheiden sich die einzelnen Datenbestände in ihren qualitativen und quantitativen Inhalten erheblich. Diese Abweichungen sind zum Teil grundsätzlicher Natur, da sie auf verschiedenen Erfassungsstandards (z.B. Systematik, Nomenklatur) und/oder auf unterschiedlichen Erhebungs- bzw. Anwendungszielen beruhen. Sie weisen verschiedene Aufnahmeintensitäten (Schurf oder Sondierung) auf, die mit abweichenden Mindestdatensätzen bzw. Unterschieden in den untersuchten Parameterspektren einhergehen.

Weitere Unterschiede bestehen in subjektiv bedingten Unschärfen wie Bearbeiterqualitäten sowie im formalen (analog/digital) bzw. im substanziellen (inhaltlich) Aufbereitungsgrad der Daten. Eine Reihe von wertvollen Punkt- und Flächeninformationen liegen nur in analoger Form vor und sind folglich in ihrer Nutzbarkeit erheblich eingeschränkt. Ihre digitale Erschließung erfordert erhebliche finanzielle und personelle Ressourcen. Oft lässt sich nicht eindeutig ermitteln, ob es sich um Rohdaten (i.S. von originären Erhebungsdaten) oder um überprüfte und ggf. modifizierte Daten handelt. Diese Unterschiede beeinflussen direkt oder indirekt die inhaltliche Aussagekraft der Daten und determinieren letztlich auch deren weitere methodische Nutzbarkeit. Im Falle von Altdaten bestimmen sie gleichzeitig das Zulässigkeitsmaß für eine Interpretation in heutige bodenkundliche Kennzeichnungsstandards (KA4) oder für thematische Bewertungskategorien (BBODSCHG 1998, HENNINGS 2000, JESSEL et al. 2000).

Aufgrund ihrer Bedeutung waren und sind Altdatenbestände schon seit vielen Jahren Zielobjekte für Datentransformationen (ALTERMANN & KÜHN 1994, ALTERMANN & VILLWOCK 1997, HARTMANN &

⁴⁰ Die Ansprachetiefe der Bodenschätzungsdaten beträgt 1m (u.GOF)

⁴¹ i.S. von abgeschlossenen Beständen, ohne rezente Datenerhebung

KAINZ 1997, RAU et al. 2000), Datenbewertungen und Dateninterpretationen bzw. -übersetzungen (BENNE et al. 1990, WALLBAUM 1991, BAURIEGEL 1994, ZEITZ & KÜHN 2000, BARTSCH et al. 2003, ALTERMANN et al. 2004).

4.1.2 Mindestdatensätze

Die Notwendigkeit der Definition und der Erhebung von Mindestdatensätzen für punkt- und flächenbezogenen Daten ergibt sich hauptsächlich aus zwei Gesichtspunkten. Mindestdatensätze müssen einerseits ein akzeptables Spektrum an obligaten Parametern definieren und andererseits den Erhebungsaufwand sowie die Fragen der Qualitätssicherung bzw. -überprüfung berücksichtigen (WAGNET et al. 1991). Sie sind in diesem Sinne eine notwendige Voraussetzung für:

- jede Art von Plausibilitätsprüfungen an Einzeldaten oder Datenbeständen,
- Bewertungs- oder Referenzparameter innerhalb von Übersetzungs- sowie von Transformationsalgorithmen von Alt- und/oder Fremddaten, sowie
- bodenkundliche (thematische) Auswertemethoden als Eingangsparameter.

Die Diskussionen zu Art und Umfang von Mindestdatensätzen sowie den damit zusammenhängenden Erfassungsstandards sind nach wie vor nicht abgeschlossen (VORDERBRÜGGE 2002). Die Vorschläge hierzu reichen von datenbanktechnischen Sichtweisen (HEINECKE et al. 1995) über sehr thematisch-methodenorientierte Anforderungen (HENNINGS 2000, BARTH et al. 2000) bis hin zu gesetzlichen Verordnungen (BBODSCHV 1999) oder kartiertechnischen Forderungen (AG BODEN 1994, 2004). Folglich existieren eine Reihe von länderspezifischen Regelungen, die meist in Form von Erfassungsvorschriften vorliegen (BAURIEGEL & KÜHN 1995, NLF 2002, SCHMANKE & FRIEDRICH 2002 u.a.). Für die Neuauflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5) wurde versucht, einen solchen Parametersatz für den Bereich der profil- und horizontbeschreibenden Daten zu definieren und länderübergreifend abzugleichen (→Tabelle 5).

Die Haltung zu dem vorgeschlagenen Parameterumfang ist in den einzelnen Bundesländern sehr verschieden. Bedenken erwachsen nicht zuletzt aus den sich ergebenden Kapazitätsanforderungen an die Datenerhebung und an die Datenhaltung. Insofern besitzt der in der KA5 (AG BODEN 2004) vorgeschlagene Umfang von 24 Parametern nur einen empfehlenden Charakter. Im Interesse einer potenziellen länderübergreifenden Auswertung ergibt sich jedoch die Notwendigkeit von Regelungen mit einem höheren Maß an Verbindlichkeit (HUSCHEK & KRENGEL 2003).

Den Mindestdatensatz auf die notwendigen Eingangsparameter der Auswertemethoden zu reduzieren, sichert zwar ggf. das für die Methoden benötigte Parameterspektrum, erschwert aber gleichzeitig eine flächenbezogene Regionalisierung der Auswertungsergebnisse und schränkt die Möglichkeit von Plausibilitätsprüfungen erheblich ein. Ein zu enges Parameterspektrum limitiert zudem das Potential von thematischen Auswertungen, die über das primäre Erhebungsziel hinausgehen (wie z.B. bei der Bodenschätzung), zumal sich künftige Fragestellungen nur bedingt abschätzen lassen.

Neben den abweichenden Erfassungsstandards für die profil- und horizontbeschreibenden Daten erschweren zudem unterschiedliche Analysemethoden für die bodenchemischen und bodenphysikalischen Parameter eine über den Einzeldatenbestand hinausgehende Vergleichbarkeit und folglich auch deren länderübergreifende Auswertung. Ein Teil dieser Unterschiede beruht auf historisch veränderten Rahmenbedingungen (TGL→DIN→ISO). Sie bedingen den Wegfall oder die Etablierung von Parametern wie Methoden (ungesättigte Wasserleitfähigkeit, Korngrößenmessung mittels Laserbeugung). Ein anderer Teil der Unterschiede entsteht infolge des mess- bzw. gerätetechnischen Fortschritts und/oder im Ergebnis einer methodischen Weiterentwicklung. Dies betrifft insbesondere die Veränderungen in den Bestimmungsgrenzen für Elementgehalte, wie z.B. von Cadmium (HUSCHEK & KRENGEL 2003).

Tabelle 5: Empfohlener Datenumfang i.S. eines Mindestdatensatzes für beschreibende Profil- und Horizontdaten nach KA5 (AG Boden 2004)

Feld	Feld-Nr.
Titeldaten	
Profil-Nr.	3
Datum der Aufnahme	4
Rechtswert	6
Hochwert	7
Aufschlussart/ Aufnahmeintensität/ Probennahme	9
Neigung	11
Reliefformtyp	14
Nutzungsart/Versiegelung	19
Horizontbezogene Daten	
Unter-/Obergrenze (d. Horizonte)	25
Horizontsymbol	27
Bodenfarbe	28
Humusgehalt	29
Hydromorphiemarkale oxidativ	30
Hydromorphiemarkale reduktiv	31
Laagerungsdichte/Substanzvolumen/Zersetzungsstufe (Torf)	40
Substratgenese	43
Bodenart/Torfart/Muddeart	44a
Grobbodenfraktionen und Anteilklassen	44b
Summe Skelett (%)	44c
Kohlenstoffgehalt	45
Carbonatgehalt	46
Bodenausgangsgestein	47a
Profilkennzeichnung	
Bodensystematische Einheit	50
Substratsystematische Einheit	51
Grundwasserstufe (GWS)	53a
Grundwasserstand (angetroffener)	53b

Weitere Unterschiede entstehen durch die Existenz von „Parallelmethoden“ für gleiche Zielparameter (Extraktionsmethoden für austauschbare Kationen, Probenahme). Da sie in verschiedensten Richtlinien oder Programme als Standardverfahren eingebunden sind, besitzen sie z.T. zueinander einen konkurrierenden Charakter wie z.B. das Level II Programm (ICP-FOREST 2003) und die Bodendauerbeobachtung (BARTH et al. 2000).

In einem Mindestdatenkatalog auch prioritär anzuwendende Analysenmethoden zu definieren, erscheint daher anstrengenswert. Aufgrund der großen Anzahl von Parametern und der Vielfalt der möglichen Analyse- und Auswertemethoden ist der Weg zu einer Übereinkunft ungleich komplizierter. Die Ansätze hierzu sind daher sehr verschieden und orientieren sich meist an den Anforderungen spezieller Auswertungsmethoden (MÜLLER 1997). Auf die einzelnen Untersuchungen zur Vergleichbarkeit von Analysen- und Labormethoden soll in dieser Arbeit nicht weiter eingegangen werden. Zusammenfassende Darstellungen finden sich hierzu in UTERMANN et al. (2000). Eine Aufstellung der für den Eingangsdatenbestand relevanten Analysenmethoden erfolgt im Abschnitt 4.2.3.

Zur Abschätzung von potenziell zu beschreibenden Zielparametern wurden zunächst die etablierten Methodenkataloge wie MÜLLER (1997) und HENNINGS (2000) hinsichtlich der hierfür erforderlichen Eingangsparameter analysiert. Die Durchsicht erfolgte nicht nur mit dem Ziel, das notwendige Parameterspektrum zu erfassen, sondern war auch mit der Frage verbunden, welche Parameter in sehr vielen Auswertearithmen eingebunden sind und daher einen ggf. prioritären Charakter besitzen. Hierbei zeigte sich, dass die genannten Methodenkataloge überwiegend auf beschreibende bzw. qualitative Merkmalsangaben zurückgreifen. Der zwingende Bedarf an quantitativen Basisdaten i.S. von Analyseergebnissen scheint in direkter Weise nicht zu existieren. So lassen sich

alle bodenchemischen und bodenphysikalischen Parameter, mit Ausnahme des pH-Wertes, auch über Pedotransfer-Funktionen (BOUMA 1989) ableiten. Sie sind in Teilen als Kennwerttabellen innerhalb verschiedener Regelwerke (AG BODEN 1994, 2004; MÜLLER 1997) dokumentiert. Obwohl die Pedotransfer-Funktionen (PTF) eine Parametrisierung auch ohne einen konkreten Hintergrund an Analysedaten ermöglichen, entsprechen sie dennoch auf Regressionsansätzen beruhenden Schätzungsergebnissen. Die Ableitungsergebnisse aus gemessenen Daten dürften daher über eine höhere Güte verfügen, zumal sie einen regionalen Bezug besitzen und Hinweise zur Wertevariabilität geben können.

Auf Basis der genannten Methodenkataloge (MÜLLER 1997, HENNINGS 2000) erweisen sich die Bodenart (n=66) und der Humusgehalt (n=48) als die Parameter mit den häufigsten Nennungen innerhalb der Verknüpfungsregeln (→Abbildung 28) und unterstreichen damit die Bedeutung der Stoffdaten für die bodenkundlichen Auswertemethoden. Darüber hinaus können aus dieser Aufstellung die notwendigen stofflichen Parameter herausgelesen werden (hinterlegte Balken), wenngleich sie im Einzelnen eine unterschiedliche Bedeutung besitzen. Sie bilden im Weiteren das zu berücksichtigende Spektrum an stofflichen Zielparametern.

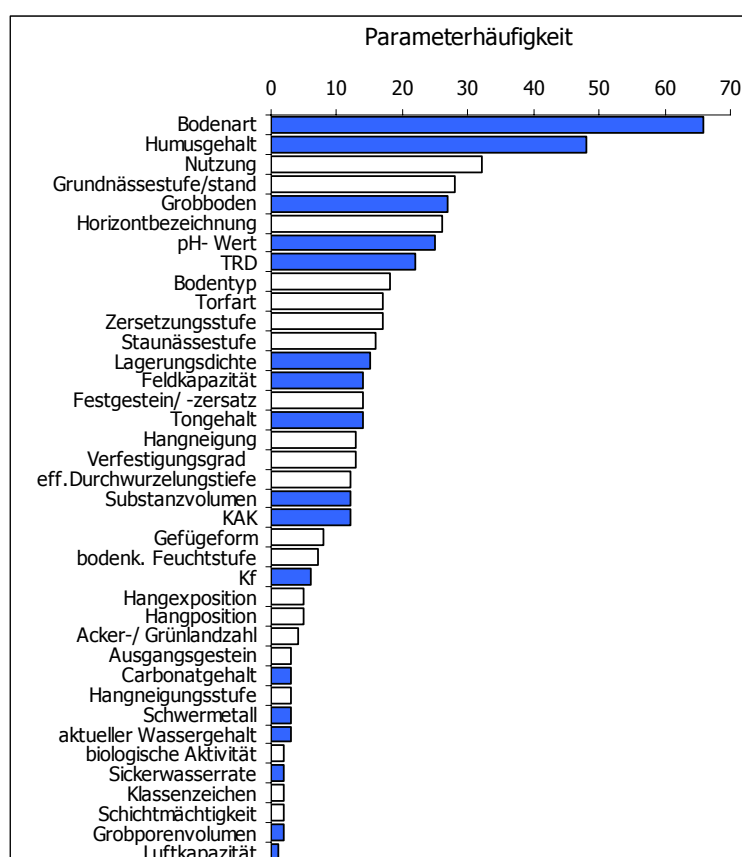


Abbildung 28: Anzahl von Nennungen als Eingangsparameter innerhalb der bodenkundlichen Auswertungsmethoden, hinterlegte Balken entsprechen dem Spektrum für stoffliche Parameter

Breiter angelegte Parameterdatensätze, die beispielsweise biotische Kennwerte oder auch organische Schadstoffe in einem stärkeren Maße berücksichtigen, sind im Interesse der Vielzahl von weiteren potenziellen Auswertethemen anzustreben. Sie lassen sich labortechnisch und kosten- seitig für die meisten Datenproduzenten aber kaum realisieren. Desto schwerer wiegen die Beschränkungen die sich durch die Hürden einer vergleichbaren methodenübergreifenden Auswertung ergeben.

4.2 Datenquellen und Datenqualitäten der Brandenburg-Daten

4.2.1 Herkunft und Umfang

In den letzten Jahrzehnten hat sich im Ergebnis verschiedenster Forschungs- und Kartierprojekte ein umfangreicher, aber auch heterogener Gesamtdatenbestand für das Land Brandenburg aufgebaut. Leider sind in der jüngeren Vergangenheit wertvolle und für die Fragestellung interessante Datenbestände in einem erheblichen Ausmaß entweder „verschollen“ oder gar vernichtet worden, wie z.B. Teile der Standortkundlichen Ergänzung der Bodenschätzung oder Meliorationsstandortsuntersuchungen. Der daraus resultierende volkswirtschaftliche Schaden ist als immens zu bewerten. Aus versicherungstechnischer Sicht der Wiederbeschaffbarkeit wäre dieser Verlust auf mehrere Millionen € zu veranschlagen. So liegen allein die analytischen Kosten (ohne Profilauswahl, -aufnahme, Beprobung und Bewertung) je nach Analysenumfang zwischen 330 und 1220 € pro Einzelprobe⁴². Selbst wenn man für einen Berechnungsansatz die Analysenparameter auf Standardgrößen reduziert, liegen die Kosten für ein analysiertes Profil bei ca. 1000 €. Allein die brandenburgischen PRODAT-Profile hätten demnach einen Wiederbeschaffungswert von weit über 1 Mio. €. Nach Expertenschätzung liegt die Anzahl „verschollener“ Profildatensätze weit über der PRODAT-Größenordnung von 1244 Profilen⁴³.

Sofern Teile dieser Altdatenbestände gesichert werden konnten, besteht trotz der knappen finanziellen und personellen Möglichkeiten des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg das Bestreben, diese in Datenbanken zu archivieren. Sie können aber die Notwendigkeit einer rezenten Datenerhebung/ -erfassung nicht ersetzen, da :

- ein Großteil der Altdatenbestände den heutigen Anforderungen nur in Teilen gerecht wird (Aufnahmespektrum, Analysenhintergrund),
- aufgrund jüngerer pedogener oder anthropogener Einflüsse (Moordegradation, Erosion, Nutzungswechsel) die Gültigkeit der Altdaten nicht mehr voll gegeben ist,
- ein Großteil der anthropogenen oder anthropogen bestimmten Bodengesellschaften bisher wenig erfasst oder berücksichtigt wurde und
- eine justiziable Umwelt- und Standortbewertung aktuelle Daten unverzichtbar macht (Bodendauerbeobachtung/ Monitoring, Zeitreihenanalysen, Stuserhebungen, heutige Standardverfahren).

Grundsätzlich erfordert die Fragestellung, einen möglichst großen Anteil der bereits vorliegenden Daten in die Betrachtung einzubinden. Dennoch müssen die avisierten Daten bestimmten Mindestanforderungen genügen, wie :

- Datenqualität (Plausibilität, Parameterumfang),
- Datenumfang (Aufbereitungsaufwand),
- Aussagekraft bzw. -verlässlichkeit (interpretationsbedingte Unschärfen, repräsentative Standortwahl) und
- vergleichbare Analysemethoden.

An dieser Stelle beginnt der Abwägungsprozess, inwieweit die Datenbestände anhand von Qualitätskriterien gefiltert werden müssen (UTERMANN et al. 1999) oder aber ein heterogener Datenbestand akzeptiert werden kann, der sich über Wertigkeitsindizes (Wichtung) bewerten lässt.

Als verfügbare Datenquellen werden zunächst nur die digitalen Datenbestände respektiert. Diese Forderungen erfüllen gegenwärtig⁴⁴ 16 verschiedene Profildatenbanken (→Tabellen 6 u. 7). Sie

⁴² Angaben für preisliche Kalkulationen nach Gebührenordnung des LGRB (Stand 2002)

⁴³ Auszug für das Brandenburger Landesgebiet.

⁴⁴ Stand 05/2004

habe zu einem hohen Anteil Fremd- (n= 9) und/oder Altdatencharakter (n=6).

Im Falle der z.T. sehr umfangreichen Datenbestände, wie der Standortkundlichen Ergänzung der Bodenschätzung (SEB, KASCH 1971), den Meliorationsstandortsuntersuchungen (MSU) handelt es sich um Daten, die aufgrund ihres Erhebungszeitraumes und verwendeten Kennzeichnungsvorschriften (TGL24300 1987) als Altdaten eingestuft werden (→Tabelle 7). Sie sind wie die Fremddaten zwar auch nicht das Ergebnis eigener Erhebung, das LGRB hat für diese Daten aber die Rechtsträgerschaft übernommen. Gleiches trifft auf die Profildatei des Datenspeichers Boden (PRODAT, CRONEWITZ 1983, LIEBEROTH et al. 1980) zu. Im Unterschied zu den SEB- und MSU-Daten erfolgte seitens des LGRB für die profil- und horizontbezogenen Daten jedoch schon eine systematische Übersetzung nach der KA4 (AG BODEN 1994). Die Daten des Projektes Geochemie sind im Rahmen einer Kooperation zwischen dem LGRB und der BGR (KANTOR & MÜLLER 1994) entstanden.

Tabelle 6: Übersicht zur Herkunft der Fremddatenbestände

Datenbestand	Erhebungshintergrund	Eigentümer	Bearbeiter (-in)/ Quelle
Projekt Schöneiche	Erkundung und Beschreibung des Untergrundes von Deponien und Altlasten (Deponie Schöneiche)	Bundesanstalt f. Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)	FROHSE 1996
LUA BDF	Bodendauerbeobachtungsflächen des Landes Brandenburg	Landesumweltamt Brandenburg	GRIMM et al. 1996
LUA Aue	Regionalisierung von Bodenschutzdaten auf Auenstandorten	Landesumweltamt Brandenburg	MONSE et al. 1998
ZALF	FSE Profile	Zentrum f. Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung München (ZALF)	HIEROLD 2002
HU Berlin	Ergebnisse Kartierpraktikum	Humboldt Universität Berlin /LGRB	HU BERLIN 2004
C&E (Kippen)	Datenrecherche zu repräsentativen Kipp - Profilen für die aggregierten Kipp - Bodenformen zur BÜK 200 für das Blatt CC4750, Cottbus	Consulting & Engineering Chemnitz (Filiale Berlin)	VOGEL 2002
Projekt Fläming	Sandlöß-/ Lösssand- und Flugsanduntersuchungen im Fläming	LGRB	ROSCHKE & ALTERMANN 2003, ROSCHKE & ALTERMANN 2002
Projekt Uckermark	Belegung der Flächenbodenformen der Uckermark BÜK 200/300 mit Horizontabfolgen, -mächtigkeiten und Parametern	LGRB	SCHMIDT 2002
Bodenschätzung	Musterstücke der Bodenschätzung	Oberfinanzdirektion Cottbus (OfD)	MORSTEIN 2003

Tabelle 7: Übersicht zur Herkunft der Altdatenbestände

Datenbestand	Erhebungshintergrund	Eigentümer	Bearbeiter (-in)/ Quelle
PRODAT	Profildatei des Datenspeichers Boden (DABO)	LGRB, Bundesanstalt f. Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)	Akad. d. Landwirtschaftswiss. d. DDR, Inst. f. Bodenkunde Eberswalde, CRONEWITZ 1983
Projekt Gorleben	Untersuchungsprogramm Dömitz-Lenzen	Bundesanstalt f. Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)	HENNINGS & DUIJNISVELD 1997
ZALF	Bodenphysikalische Kennwerte für Substrat-Horizont-Gruppen	Zentrum f. Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung Müncheberg (ZALF)	VETTERLEIN 1989
BZE	Bodenzustandserhebung Wald	Landesforstanstalt Eberswalde (LFE)	KONOPATZKY & KALLWEIT 1999
HU Berlin	Moorarchiv	Humboldt Universität Berlin	HU BERLIN 2004
SEB	Standortkundliche Ergänzung der Bodenschätzung (ehem. Bezirk Frankfurt/ Oder)	Boden- und Wasserverband Frankfurt/ Oder	Akad. d. Landwirtschaftswiss. d. DDR, Inst. f. Bodenkunde Eberswalde, KASCH 1971
MSU	Meliorationsstandortsuntersuchungen	LGRB	Meliorationskombinat Potsdam
Projekt Geochemie	Schwermetallgehalte in Böden Brandenburgs	BGR, LGRB	KANTOR & MÜLLER 1994

Unabhängig von ihrer inhaltlichen Qualität und ihres erhobenen Parameterspektrums zeigt sich zunächst ein relativ hoher quantitativer Umfang an digital verfügbaren Profil- und Horizontdaten (→Tabelle 8). Es handelt sich um insgesamt weit über 17 000 Punktdaten. Im Falle einer räumlichen Gleichverteilung der georeferenzierten Profildaten würde die Erhebungsdichte der Bodenzustandserhebung Wald deutlich übertroffen (BMELF 1994, RIEK & WOLFF 1997). Die Gleichverteilung ist aber ebenso wenig gegeben (→Abbildung 4 u. 29), wie eine inhaltliche Vergleichbarkeit (systematische und analytische Regelwerke). Im Weiteren ist daher zu prüfen, auf welchen Kennzeichnungsstandards die einzelnen Datenkollektive beruhen und über welche Parameterausstattung sie verfügen. Aus diesen Kriterien leiten sich der zu erwartende Harmonisierungsaufwand sowie die methodische Tauglichkeit der einzelnen Datenbestände ab.

Die in den Übersichten (→Tabelle 8 u. →Abbildung 29) aufgeführten Quellen und Datenumfänge spiegeln jedoch nicht den potenziellen Gesamtdatenbestand, sondern nur die gegenwärtig verfügbaren Datenbestände wider. Der reale Umfang von bodenkundlich relevanten Daten ist erheblich höher einzuschätzen. So erheben oder beauftragen die nachfolgend aufgeführten Institutionen ebenfalls bodenkundliche Daten, die in der Aufstellung von Tabelle 8 aber (noch) nicht aufgeführt sind.

- Brandenburgische Technische Universität Cottbus (BTU),
- Technische Universität Berlin (TUB),
- Universität Potsdam (UP),
- Freie Universität Berlin (FUB),
- Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften Finsterwalde e.V. (FIB) und
- Fachhochschule Eberswalde (FHE)

Tabelle 8: Übersicht zum Umfang der digital verfügbaren Punktdatenquellen (Eingangsdaten)

Datenbestand Parameter	LGRB	PRODAT	HU Projekt	SEB	MSU	Projekt Gorleben	Projekt Schöneiche	Projekt Fläming	Projekt Uckermark	ZALF	LUA BDF	BZE	Projekt Geochemie	Bodenschätzung	LUA Aue	C&E (Kippen)	Summe
Schürfe ¹	1092	1244	333	2796	2262	29	28	37	7	111	31	285	65	221			8541
Sondierungen ²	1823			3904	249	585	182			1707			65				8515
georeferenziert	2915	1195	268	5086	495		210	21	7	1616	31	285	0	208	122	138	12597
Profildatensätze	2918	1244	350	6868	2837	614	210	37	7	1707	31	285	65	221			17394
Horizontdatensätze	15572	5209	2259	24756	10769	2766	984	244	45	6491	153	2242	320	653	122	138	72723

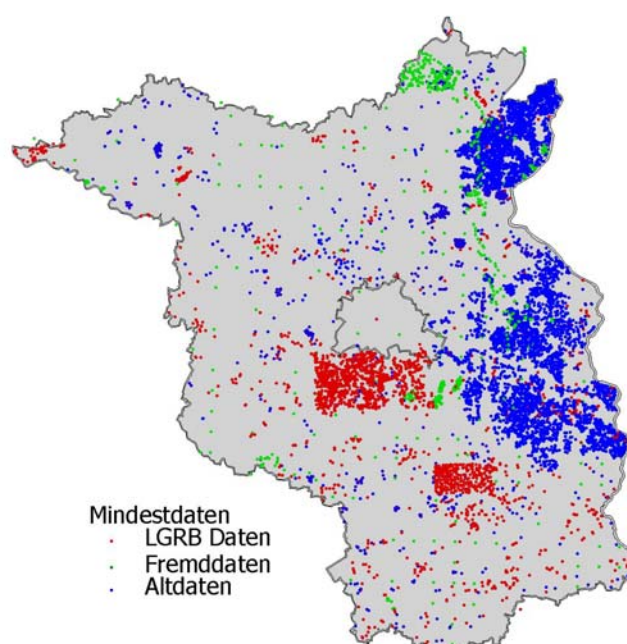


Abbildung 29: Räumliche Verteilung der verfügbaren Punktdaten (Eingangsdaten)

Der Zugriff auf diese Datenbestände ist zwar mit einem erhöhten Harmonisierungsaufwand verbunden, würde die methodischen Möglichkeiten erweitern (→Abschnitt 2). Perspektiven hierzu ergeben sich durch die Etablierung von institutionell übergreifenden Geodaten-Portalen (LGRB 2002) und dem Ausbau von bestehenden Metadatensystemen wie dem Umweltdatenkatalog (BMU 1998).

4.2.2 Mindestanforderungen an profil- und horizontbeschreibende Daten

Neben einer umfangreichen Datenbasis ist vor allem die inhaltliche Vergleichbarkeit der Eingangsdaten eine unbedingte Voraussetzung für deren übergreifende Aus- und Bewertung. Die Vergleichbarkeit bezieht sich hierbei sowohl auf die systematischen Regelwerke als auch auf die analytischen Bestimmungsmethoden. Als Zielsystematik wird im Weiteren grundsätzlich die derzeit aktuelle Boden- und Substratsystematik der Bundesrepublik Deutschland (AK BODENSYSTEMATIK 1998) angesehen. Für eine systematische Vergleichbarkeit ist jedoch nicht nur das Regelwerk an sich, sondern auch die systematischen Kennzeichnungsniveaus relevant. Sie entscheiden hier später über die Gültigkeit der taxonomischen Merkmalsgruppen (Horizont-Substrat-Kombination) und über das Maß von ggf. notwendigen Aggregationen oder Segregationen der systematischen

Kennzeichnungsvarianten. Eine gemeinsame Betrachtung der Analysenergebnisse innerhalb der taxonomischen Merkmalsgruppen erfordert wiederum eine Vergleichbarkeit in den Bestimmungsmethoden. Beide Aspekte erklären die Notwendigkeit von definierten Mindestdatensätzen (→Tabelle 5).

Von besonderem Interesse sind daher jene Eingangsdatenquellen, die einerseits über die systematisch-beschreibenden Mindestdatensätze und andererseits über das notwendige Parameterspektrum an Analysendaten verfügen.

Ein vollständiges Spektrum lässt sich zunächst nur aus der Punktdatenbank des LGRB beziehen. Alle anderen Datenquellen besitzen entweder Lücken in den beschreibenden Schichtdatensätzen (→Tabelle 9) oder decken nicht das gesamte Parameterspektrum ab (→Tabelle 10). Auch wenn diese Lücken die Wertigkeit einschränken, so sind die Fremd- und Altdatenquellen in die Betrachtung zwingend mit einzubinden, da die LGRB-Daten nur ca. 20% des bodenkundlichen Gesamtbestandes Brandenburgs (→Tabelle 8) umfassen. Eine Beschränkung auf die LGRB-Daten lässt sich weder aus inhaltlichen noch aus statistischen Gesichtspunkten (Stichprobenumfang) rechtfertigen. Insbesondere die umfangreicheren (Alt-) Datenquellen, wie die PRODAT oder die MSU-Datenbank verdienen eine stärkere Berücksichtigung. Für die PRODAT besteht der Vorteil, dass sie bereits in einem übersetzten KA4-Status vorliegt. Dieser Übersetzungsprozess steht für die MSU-Daten noch aus. Während die PRODAT-Profile somit direkt in die weiteren Methodenabläufe eingebunden werden können, verfügen die MSU-Profile gegenwärtig nur über einen Referenzdatenstatus.

Eine Reihe von Fremddatenbeständen, wie die Projekte Schöneiche (FROHSE 1996), Fläming (ROSCHÉ & ALTERMANN 2002, ROSCHÉ & ALTERMANN 2003) oder die Bodendauerbeobachtungsflächen (LUA BDF), beinhalten ein weitgehend vollständiges Parameterspektrum, machen aber insgesamt nur einen relativ geringen Anteil des Gesamtdatenumfangs aus (2,7%). Sie besitzen daher eher einen ergänzenden Charakter.

Ein erheblich größerer Anteil der verfügbaren Punktdaten (>60 %) kann aufgrund seiner abweichenden systematischen Kennzeichnungssysteme gegenwärtig nicht direkt mit eingebunden werden. So liegen die beiden großen Altdatenbestände wie die Standortkundliche Ergänzung der Bodenschätzung (39,5%) und die Meliorationsstandortsuntersuchungen (16 %) im Format der TGL 24 300 (1987) vor. Die profil- und horizontbeschreibenden Daten zu den Projekten Gorleben (HENNING & DUIJNISVELD 1997) und Geochemie (KANTOR & MÜLLER 1994) basieren auf dem systematischen Regelwerk der KA3 (AG BODENKUNDE 1982).

Gegenwärtig liegen ca. 6200 Profil- mit 30 000 Horizontdaten in einer systematischen Kennzeichnung nach der KA4 (AG BODEN 1994) bzw. dem Band 86 (AK BODENSYSTEMATIK 1998) vor und erfüllen damit eine Grundvoraussetzung für eine vergleichende Betrachtung. Dieser Umfang entspricht zwar „nur“ einem Anteil von 35 % des Grunddatenbestandes (→Tabelle 8). Dennoch verteilen sich die betreffenden Profile relativ gut über die Landesfläche und berühren die wesentlichen Landschaftsräume (→Abbildung 29). Die Verbreitungskarte der Punktdaten offenbart aber auch die Räume mit einer geringen Informationsdichte, die damit Bedarfsgebieten für zukünftige Datenerhebungen entsprechen. Letzteres ist aus den Erfordernissen der Ableitungssicherheit für die Parameterwerte und der Berücksichtigung von regionalen Besonderheiten geboten. Alle zu entwickelnden Ableitungsroutinen müssen daher jederzeit neu erschlossene bzw. erhobene Datenbestände mit einbinden können.

Tabelle 9: Verfügbarkeit von Mindestdatensätzen (i.S. KA5 (AG BODEN 2004) beschreibende Profil- und Horizontdaten) in regionalen Datenbeständen Brandenburgs, x = direkte Merkmalsangabe, (x) = indirekte Merkmalsangabe⁴⁵

<div>Datenbestand</div> <div>Parameter</div>	LGRB (Profil)	LGRB (Sond.)	PRODAT	HU Projekt	SEB	MSU	Projekt Gorleben	Projekt Schöneiche	Projekt Fläming	Projekt Uckermark	ZALF	LUA BDF	BZE	Projekt Geochemie	Bodenschätzung	LUA Aue	C&E (Kippen)
Profil-Nr.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Datum der Aufnahme	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Rechts-/Hochwert	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Aufschlussart	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
Neigung	x		x	x			x	x	x	x	x	x	(x)	x	x		
Reliefformtyp	x		x	x			(x)	(x)	x	x	x	(x)	(x)	(x)	x		
Nutzungsart/Versiegelung	x	x	x	x	(x)	(x)	x	x	x	x	x	x	(x)	x	x		
Unter-/Obergrenze	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Horizontsymbol	x	x	x	x	(x)	(x)	x	x	x	x	x	x	(x)	x	x	x	
Bodenfarbe	x		x	x		(x)	x	x	x	x		x	(x)	x	x	(x)	
Humusgehalt	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hydromorphiemerkmale	x		x	x	(x)	(x)	x	x	x	x	x	x	(x)	x	x	(x)	
Ld/SV/ZS (Torf)	x		x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	(x)	
Substratgenese	x	x		x					x	x	x					x	x
Bodenart/Torfart/Muddeart	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Grobbodenfraktionen	x		x	x			x	x	x	x	x	x	x	x		(x)	
Summe Skelett (%)	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
Kohlenstoffgehalt	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Carbonatgehalt	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Bodenausgangsgestein	x	x		x			x	x	x	x		(x)	(x)	(x)			x
Bodensystematische Einheit	x	x	x	x	(x)	(x)	x	x	x	x	x	(x)	(x)	x			x
Substratsystematische Einheit	x	x	x	x	(x)	(x)			x	x	x	(x)	(x)	(x)		(x)	x
Grundwasserstufe (GWS)	x	x	x	x	(x)	(x)	x	x	x	x	x	(x)	(x)	x			
Grundwasserstand	x	x	x	x	(x)	(x)	x	x	x	x	x	(x)	(x)	x	x		

Die bisher nicht berücksichtigten aber potenziell verfügbaren Datenbestände sollen, sofern möglich und inhaltlich sinnvoll (Parameterspektrum), in die Strukturen der Punktdatenbank des LGRB überführt werden. Das schließt die Transformation und die Harmonisierung in die Kennzeichnungsprinzipien nach KA4 (AG BODEN 1994) bzw. Bd. 86 (AK BODENSYSTEMATIK 1998) ein. Sie besitzen aber auch unabhängig davon ihre Bedeutung als Referenz- bzw. Vergleichsdaten. Die Datentransformation ist mit einem großen Aufwand verbunden. Sie erfordert ein hohes Maß an Sorgfalt, eine detaillierte Regionalkenntnis sowie die Kenntnis der originären Erfassungsvorschriften (Methodenkenntnis). Die Aktivitäten müssen zudem in einer sinnvollen Aufwand-Nutzen-Relation stehen. Auch im Ergebnis besitzen die übersetzten Datenkollektive nur eine eingeschränkte Wertigkeit, da transformationsbedingte Unschärfen unvermeidbar sind. Hieraus leitet sich auch die Notwendigkeit der Vergabe von Wichtungsfaktoren ab (→ Kapitel 5.2.4).

⁴⁵ Im Falle einer indirekten Merkmalsangabe folgen die dokumentierten Feldinhalte nicht den Kennzeichnungsregeln der KA4 (AG BODEN 1994).

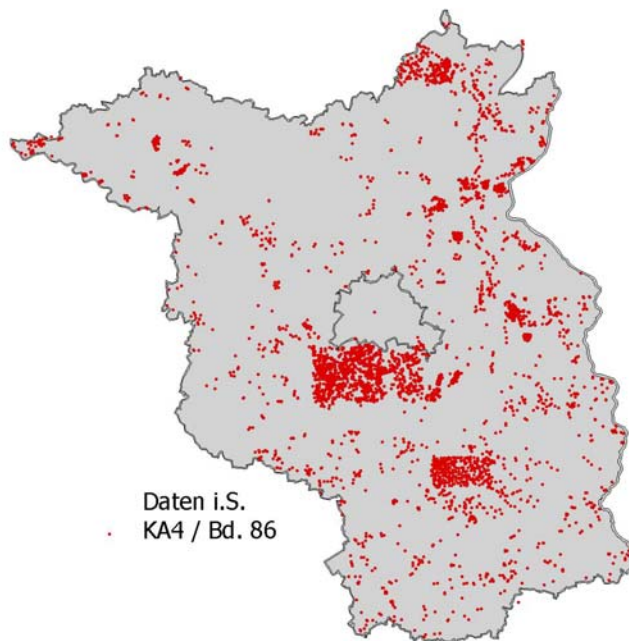


Abbildung 30: Verfügbarer Punktdatenumfang im Kennzeichnungsstandard KA4 (AG BODEN 1994)

Einen wesentlichen Einfluß auf die Güte der Transformation haben die Übersetzungswerkzeuge. Je nach Komplexität des Parameterspektrums und der „internen Plausibilität“ der Ausgangsdatenbestände bieten sich definierte Übersetzungsregeln (ALTERMANN & VILLWOCK 1997) bzw. -programme an (ADLER et al. 2004) oder es werden Einzelfallübersetzungen notwendig (HUSCHEK & KRENGEL 2003).

4.2.3 Mindestanforderungen an Analysedaten

Die Anforderungen an die Analysendaten stehen durch deren Funktion als Eingangsparameter für die Bewertungsmethoden in einem direkten Zusammenhang zum Auswertungsziel selbst. Das notwendige Parameterspektrum ist darüber hinaus mit einer ausreichenden Stichprobenanzahl zu hinterlegen. Die Auswertungsziele reichen von der Ableitung von Hintergrundwerten (LABO 2003), über die Bewertung von Bodenpotentialen und –funktionen (MÜLLER 1997) bis hin zur Beurteilung als Baugrund (DIN 1054 2003) oder Rohstofflagerstätte (AUßENDORF et al. 2003). Das Anforderungsprofil ist damit ebenso vielschichtig, wie das Medium Boden selbst. Folglich ist eine Begrenzung auf die wesentlichen Zielparameter notwendig. Das avisierte Parameterspektrum orientiert sich an den inhaltlichen Vorgaben von bundesweit abgestimmten Methodenkatalogen (HENNING 2000).

Für einen Großteil der Auswertungsmethoden besitzen neben den semantisch-systematischen Parametern (→Tabelle 9) vor allem die in der Tabelle 10 aufgeführten bodenchemischen und bodenphysikalischen Kennwerte den Charakter von Mindestdaten. Die Aufstellung zeigt für die einzelnen Datenbestände, im Hinblick auf die Anzahl und auf das Spektrum von verfügbaren Analysendaten, eine sehr unterschiedliche Ausstattung. Erwartungsgemäß fällt der Anteil von Profilen, für die laboranalytische gemessene Wertekollektive vorliegen, gegenüber den profilbeschreibenden Daten erheblich geringer aus. Eine Bewertung kann in diesem Sinne auch nicht für die Analysendaten insgesamt, sondern nur bezogen auf die einzelnen Parameter erfolgen. Ein relativ umfangreicher Datenhintergrund besteht für den pH-Wert und für die Kornfraktionen (S %, U % u. T %). Zu diesen Parametern existieren für ≈25% der Horizontdaten nach KA4 (AG BODEN 1994) bzw. Band 86 (AK BODENSYSTEMATIK 1998) Analysenergebnisse. Messwerte zur potenziellen Kationenaustauschkapazität (KAK_{pot}), zum Kohlenstoffgehalt (TC %) und zur Trockenrohdichte (TRD) liegen für ≈20 % der Horizonte vor. Deutlich begrenzter ist die Datenbasis von bodenphysikalischen Messergebnissen, die für die Berechnung der (nutzbaren) Feldkapazität (nFK, FK), der Luftkapazität (LK) und der gesättigten Wasserleitfähigkeit (kf) notwendig sind. Nur 2 %

der originären Horizontdaten sind mit diesbezüglichen Angaben ausgestattet.

Unabhängig von weiteren methodischen und analytischen Betrachtungen erweisen sich bereits an dieser Stelle die Analysedaten als limitierender Faktor für die Ableitung von mittleren Parameterwerten.

Tabelle 10: Verfügbarkeit von Mindestdatensätzen (analysierte Horizontdaten) in regionalen Datenbeständen Brandenburgs (Stand 05/2004)

Datenbestand Parameter	LGRB (Profile)	LGRB (Sond.)	PRODAT	HU Projekt	SEB	MSU	Projekt Gorleben	Projekt Schöneiche	Projekt Fläming	Projekt Uckermark	ZALF	LUA BDF	BZE	Projekt Geochemie	Bodenschätzung	LUA Aue	C&E (Kippen)	Summe
pH-Wert	2927		3821	359		1785	92	138	28			452	1165		650	506	137	12060
TC (%)	2882		1745	333		728	48		28		424	113	1165			506	137	8109
GV	2643			359			48	129	28								137	3344
KAKpot	1629		3556	135			91		9			189			207		137	5953
KAKeff	1228		309	199		1829	91		19				1165		45			4885
CaCO ₃	820		765	100		287	114	70	2			35	1165		141		122	3621
S (%)	1491		4756			1172	88	120			424	110	1165	2242	540		137	12245
U (%)	1491		4756			1172	88	120			424	110	1165	2242	540		137	12245
T (%)	1491		4756			1172	88	120			424	110	1165	2242	540	506	137	12751
GB (%)	1491		4756				88	120			424	110	1165	2242			137	10533
TRD	450		3844			534	70	47			424					506		5875
FK	450						70	47			424							991
nFK	450						70	47			424							991
LK	450						70	47			424							991
Kf	307		309				70	47										733
Anz. Parameter	15	0	11	6	0	8	15	13	6	0	10	11	8	10	7	4	9	

Weitere Einschränkungen ergeben sich durch die genutzten und z. T. voneinander abweichenden Bestimmungs- und/oder Beprobungsmethoden (tiefen- oder horizontbezogen). Die damit im Zusammenhang stehende begrenzte oder gar fehlende Vergleichbarkeit der Analyseergebnisse führt dazu, dass Teile von wertvollen Datenbeständen, wie die Bodenzustandserhebung Wald (KONOPATZKY & KALLWEIT 1999), nicht mit berücksichtigt werden können.

Für die Datenquellen insgesamt war zu prüfen, inwieweit eine Vergleichbarkeit in den genutzten Labormethoden gegeben ist. Dies trifft beispielsweise auf die Ergebnisse der **pH-Wert**-Messungen zu, die für die PRODAT- und C&E-Daten auf Messungen in KCl-Lösung (TGL 25418/06 1975) und für die anderen Datenquellen auf Messungen in CaCl₂-Lösung (DIN ISO 10390 1997) beruhen. Im Hinblick auf die Vergleichbarkeit der Ergebnisse gibt das Methodenhandbuch der VDLUFA (1997) an, dass keine gesicherten Unterschiede zwischen den pH-Werten beider Messprinzipien bestehen und deren Ergebnisse daher miteinander vergleichbar sind. EVERS et al. (2001) erkennen auf Basis einer größeren Vergleichsuntersuchungen Unterschiede im Bereich von 0,2 Einheiten, weisen diesen Differenzen aber keinen gesicherten Status zu.

Die anderen bodenchemischen und bodenphysikalischen Parameter basieren auf weitgehend identischen Methoden oder Messprinzipien. So wurde die **potenzielle Kationenaustauschkapazität** (KAKpot) für alle Analysedaten nach MEHLICH (1960) bestimmt (TGL 25418/19 1974). Perspektivisch kommt es für diesen Parameter aber zu Problemen in der Vergleichbarkeit, da das Schüttelverfahren der mittlerweile gültigen DIN-ISO 13536 (1995) zu abweichenden Ergebnissen führt (Müller 2003, mündl. Mittlg.). Werte zur **effektiven Kationenaustauschkapazität** (KAKeff) liegen nur für einige Datenquellen (→Tabelle 9) vor und beziehen sich auf die Methode nach ULRICH (MEIWES et al. 1984).

Die Bestimmung des **Kalkgehaltes** (CaCO₃) erfolgte nach SCHEIBLER (TGL 25418/05 1977 bzw. DIN-ISO 10693 1997).

Die Analyseergebnisse der **Korngrößenzusammensetzung** des Feinbodens (<2mm) beruhen

auf dem KÖHN-Verfahren (TGL 31222/02 1985 bzw. DIN 19683-2 1977) und in Teilen auch auf dem ATTERBERG-Verfahren. Letzteres steht in seinem Messprinzip aber der DIN 19683-2 sehr nahe und wird daher als vergleichbar angesehen (UTERMANN et al. 2000).

Die Daten für den Parameter **Glühverlust** (GV 500°C) verteilen sich zwar über verschiedene Quellen, wurden innerhalb eines Labors nach DIN 19684 1977) bestimmt. Eine Ausnahme bilden die C&E-Daten, für das genutzte Verfahren nicht angegeben ist.

Der Gesamtgehalt an **Kohlenstoff** wurde weitestgehend über eine Trockenverbrennung (TGL 25418/04 1975 bzw. DIN-ISO 10693 1997) analysiert. Ein geringerer Teil von Analysendaten älteren Datums (PRODAT, n=308) waren herauszurechnen, da sie möglicherweise auf einer Nassverbrennung beruhen und daher in ihren Ergebnissen nicht vergleichbar sind (SCHULZ 2004, mündl. Mittlg.). Einer weiteren Betrachtung bedurfte der Gehalt an anorganischem Kohlenstoff (CaCO_3), der entweder schon laboranalytisch mit HCl entfernt wurde, oder über den Carbonatgehalt herauszurechnen ist (UTERMANN et al. 2000). Carbonathaltige HSK_E, zu denen keine Angabe über die Behandlung des anorganischen Kohlenstoffs dokumentiert ist, konnten aus den Gründen der Reproduzierbarkeit ebenfalls nicht mit berücksichtigt werden.

Die Vorschriften zur Bestimmung der **Trockenrohdichte** (TRD) sind in ihren methodischen Inhalten zwischen den Altdaten (nach TGL 31222/03 1985) und den Daten jüngeren Datums (DIN 19681 1977 bzw. DIN-ISO 11272 1995) faktisch identisch. Folglich ist eine datenquellen-übergreifende Bewertung der Ergebnisse als zulässig anzusehen.

Bei den Parametern **Feldkapazität** (FK), **nutzbare Feldkapazität** (nFK) und **Luftkapazität** (LK) handelt es sich um Kennwerte, die aus Messwerten der Wasserretentionsfunktion abgeleitet werden. Eine Vergleichbarkeit muss sich daher in der Bestimmung der Wasserretentionsfunktion ergeben. In den hierfür relevanten Vorschriften (TGL 31222/05 1977) bzw. DIN 19683 5 1977) werden nur das Messprinzip, sowie die der Wasserretentionsfunktion zugrunde liegenden Druckstufen definiert. Aus der weitgehenden Übereinstimmung in diesen Kriterien wird eine Vergleichbarkeit der Messergebnisse abgeleitet. Das Berechnungsprinzip der Kennwerte richtet sich nach den Vorgaben der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AG BODEN 1994, 2004). Ähnliche Kennwerte, wie das (nutzbare) Feuchteäquivalent (TGL 31222/01 1985) greifen zur Abschätzung des nutzbaren Bodenwassers auf andere pF-Stufen zurück. Im Gegensatz zur Verfahrensweise in der Bodenkundlichen Kartieranleitung erfolgt hier eine bodenartenabhängige Berücksichtigung des Haftwassers (LIEBEROTH 1982). Dies ist bei der Nutzung von abgeleiteten bodenphysikalischen Kennwerten zu beachten.

4.3 Inhaltliches Spektrum der Punktdaten

Neben der Prüfung der Datenverfügbarkeit war zu analysieren, wie sich die Eingangsdaten inhaltlich zusammensetzen. Von besonderem Interesse ist hierbei, inwieweit die inhaltlichen und bodensystematischen Spektren der Punktdaten und der Flächendaten miteinander korrespondieren. Die Bewertungsbasis bildet der schon genannte Umfang von ca. 6200 Profildaten, die sich aus fast 30 000 Horizontdaten zusammensetzen. Sie beruhen in ihrer systematischen Kennzeichnung auf dem aktuellen Regelwerk der KA4 (AG BODEN 1994) und erfüllen damit eine wesentliche Voraussetzung für eine vergleichende Bewertung. In der Analyse des inhaltlichen Spektrums auf der Basis der ungefilterten Eingangsdaten fällt zuallererst die enorme Anzahl von systematischen Kennzeichnungsvarianten innerhalb der Profil- und Horizontebene auf. So setzt sich das Inventar aus über 4500 verschiedenen Punktbodenformen (PBF) und über 7000 verschiedenen Horizont-Substrat-Kombinationen (HSK_E) zusammen. Infolge dessen liegt die durchschnittliche Wiederholungsrate von systematisch identischen Kennzeichnungsvarianten lediglich bei 1,3 für die Profil- und bei 4,2 für die Horizontdaten. Dieser Umstand führt zu einer extremen Häufigkeitsverteilung (→Abbildung 31). Nur sehr wenige Punktbodenformen (0,2 %) und Horizont-Substrat-Kombinationen (3 %) verfügen auf Basis der Eingangsdaten über eine Häufigkeit, die eine statistische Bewertung erlauben ($n > 20$). Der überwiegende Anteil der Kennzeichnungsvarianten ist hingegen nur unzureichend repräsentiert. Über 92 % der Profil- und über 68 % der Horizontkennzeichnungen besitzen innerhalb der Eingangsdaten auf Grund ihrer differenzierten Darstellungsform einen singulären Charakter.

Ähnliche Verteilungsformen zeigten sich bereits in der Flächendatenanalyse, wie beispielsweise bei

den Häufigkeiten von gleichen Generallegendeneinheiten innerhalb des Flächendatensatzes (→Abbildung 18). Dennoch war für die Punktdaten dieser extreme Verlauf der Häufigkeitsverteilung hinsichtlich des eher eingeschränkten Inventars von in Brandenburg verbreiteten Bodenlandschaften und bodenbildenden Substraten nicht unbedingt zu erwarten. Diese extreme Verteilungsform muss folglich auf anderen Ursachen beruhen, die im Weiteren aufzuzeigen sind. Grundsätzlich ist aber weder die hohe Anzahl von Kennzeichnungsvarianten, noch der Verteilungstyp an sich problematisch. Letzterer hat eher den positiven Effekt, Ausreißer i.S. von Abnormitäten, (flächenhaft) weniger relevante Fälle, sowie fehlerhaft verschlüsselte Kennzeichnungsvarianten herauszufiltern.

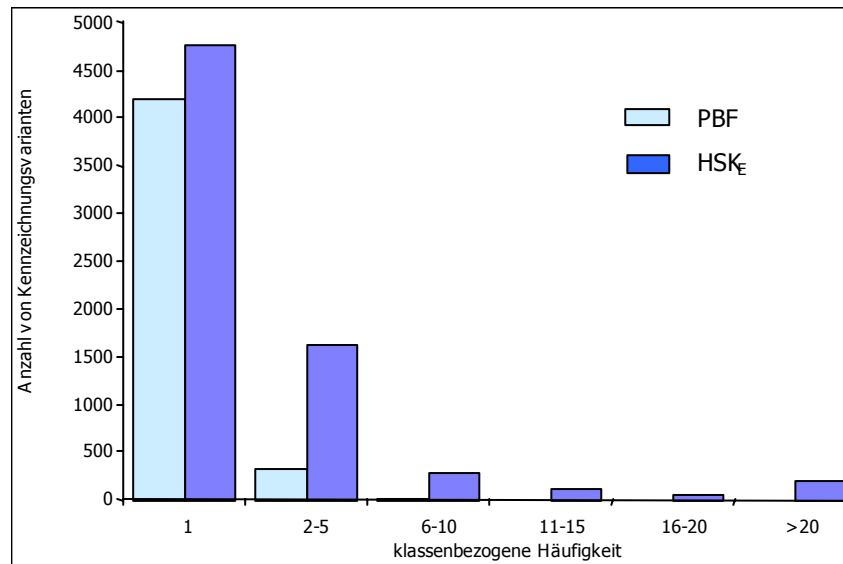


Abbildung 31: Klassenbezogene Häufigkeit von systematisch identischen Kennzeichnungsvarianten für die Profil- (PBF) und die Horizontebene (HSK_E) innerhalb der originären Eingangsdaten

Auf der anderen Seite gibt die Häufigkeit, mit der eine Variante innerhalb der Punktdatenbanken auftritt, Hinweise zu deren Verbreitung und Relevanz. Jedoch kann aus diesem Umstand nicht automatisch auf deren Repräsentativität geschlossen werden, da die Inhalte von Punktdatenbanken einer mehr oder minder „willkürlichen“ Stichprobe gleichkommen. Ein repräsentatives Spektrum muss sich aus den Flächendaten, d.h. aus flächenbeschreibenden Bodenformen (FBF) ableiten (→3.3.1). Eine Repräsentanzprüfung gelingt daher nur über die Verknüpfung der Eingangsdaten (Punktbodenform) mit den Zieldaten (Flächenbodenform). Als Kriterium hierfür kann u.a. der Verknüpfungserfolg zwischen beiden Kategorien gelten (→5.3.2.3).

Werden nun beide Kategorien bereits auf Basis der originären Eingangsdaten in der Ebene der Profilkennzeichnung (Boden- und Substratsystematische Einheit) gegeneinander abgefragt, so ergibt sich zunächst kein verwertbares Ergebnis. Lediglich zu drei Flächenbodenformen des Zieldatensatzes (<0,5 %) kann eine direkte Beziehung hergestellt werden. Die Ursachen für den zunächst geringen Verknüpfungserfolg liegen neben den schon genannten Gründen (s.o.) vor allem in der Anwendung von unterschiedlichen systematischen Kennzeichnungsniveaus innerhalb und zwischen den Kategorien FBF und PBF begründet. Die sehr große Anzahl von sich kennzeichnungsbedingt unterscheidenden PBF und der daraus resultierenden geringen Wiederholungsrate ist eine Folge der überwiegenden Nutzung von sehr differenzierenden systematischen Niveaus wie denen der Varietät oder des Subtyps. Dies entsteht aus der berechtigten Absicht heraus, bei der Profilaufnahme ein Maximum an beschreibbaren bodenkundlichen Informationen für den Punkt zu dokumentieren. Infolgedessen werden die systematischen Kennzeichnungsmöglichkeiten oft ausgeschöpft. Da die Flächenbodenformen in ihrer angestrebten systematischen Kennzeichnungsebene (Typ bzw. Subtyp) deutlich abstrakter als die Punktbodenformen (Varietät) sind, kommt es zu einer systematischen Disharmonie zwischen den zu verknüpfenden Kategorien (PBF ↔ FBF). Um eine Verknüpfungskompatibilität zu erreichen, werden Instrumente der Datenaggregation und –generalisierung notwendig (→5.3.2).

Die Ebene der Horizontkennzeichnung ermöglicht eine noch größere Variantenvielfalt. Das Grundinventar der originären Eingangsdaten besteht hier aus über 7000 verschiedenen Horizont-Substrat-Kombinationen und ist aber in seiner Häufigkeitsverteilung weitgehend identisch mit der Verteilungsform in der Profilebene (→Abbildung 31). Inhaltlich setzt sich dieses Grundinventar aus über 2200 verschiedenen Horizont- und aus über 1600 verschiedenen Substratkennzeichnungen zusammen. Eine Ursache für die hohe Anzahl von Horizontbezeichnungen ist in der Anwendung von zwei bzw. drei Hauptsymbolen begründet, die in Verbindung mit den vor- bzw. nachgestellten Zusatzsymbolen mit zu dieser Variantenvielfalt beiträgt. Unabhängig davon wurde in den einzelnen Eingangsdatenbeständen von diesen systematischen Möglichkeiten zudem unterschiedlich Gebrauch gemacht.

Als Indiz für den Grad an systematischer Detailliertheit kann die Länge der Zeichenketten von Horizontbezeichnungen herangezogen werden. Bei diesem Ansatz wird davon ausgegangen, dass mit zunehmender Länge der Zeichenkette gleichfalls ein höheres Maß an pedosystematischer Information dokumentiert ist. Eine Klassifizierung der Zeichenkettenlängen zeigt für die Eingangsdaten insgesamt zunächst eine Dominanz von Horizonten aus 2 bzw. 3 Zeichen (→Abbildung 32).

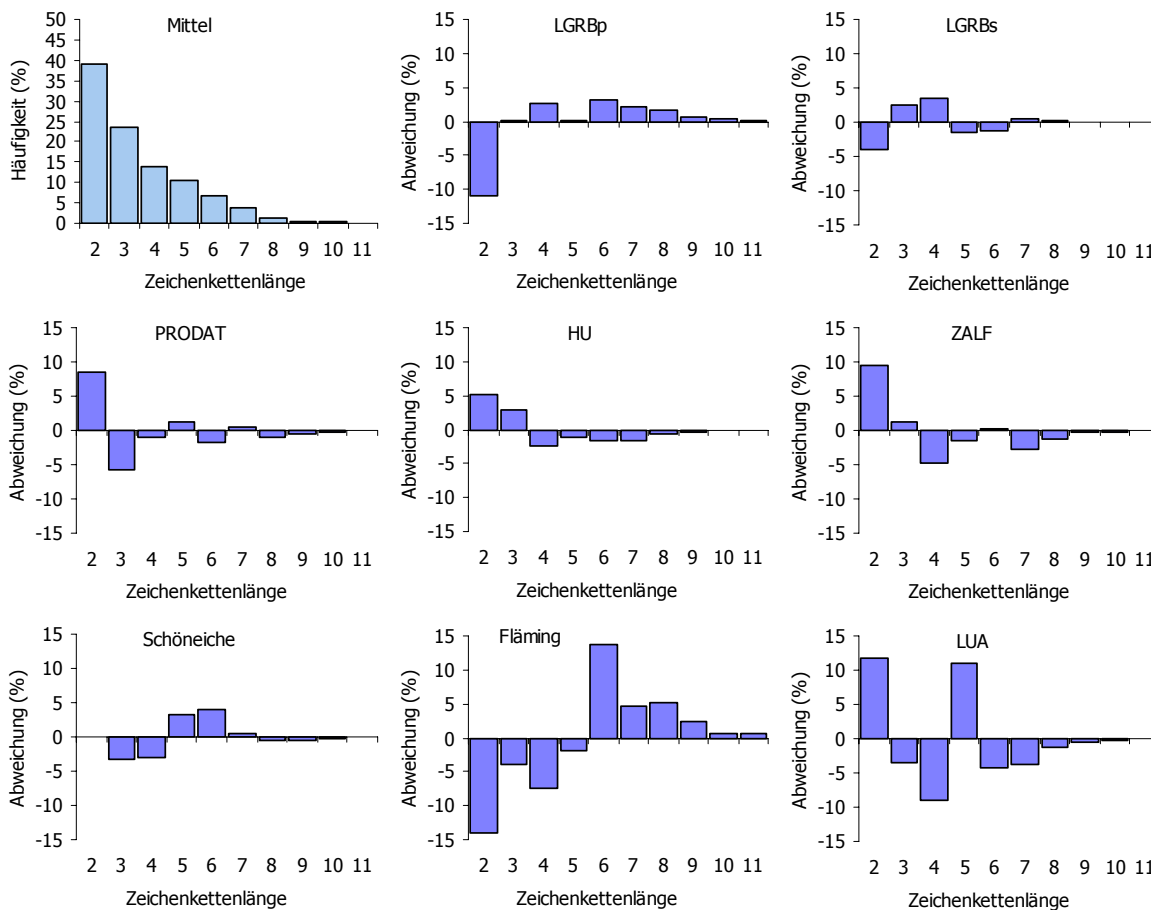


Abbildung 32: Häufigkeiten der Zeichenkettenlängen von Horizontbezeichnungen in den Eingangsdaten und deren Abweichungen innerhalb der einzelnen Datenquellen (%)

Die Horizonte bestehen in diesem Fall aus nicht mehr als einem Hauptsymbol (z.B. Bv oder Aeh). Horizonte mit mehr als 5 Zeichen, d.h. mit zwei Hauptsymbolen (z.B. Ah-Bv), besitzen eher eine untergeordnete Bedeutung. Dennoch zeigen sich z.T. erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Datenbeständen. So liegen die relativen Anteile für Horizonte aus zwei Zeichen innerhalb der Eingangsdatenquellen PRODAT, ZALF und LUA deutlich über dem Eingangsdatenmittel. Folglich kann hier von einer abstrakteren pedogenetischen Horizontkennzeichnung ausgegangen werden.

Abweichend hierzu gestalten sich die Verhältnisse in der Profildatenbank des LGRB (LGRBp) und den Daten zum Projekt Fläming. In diesen Datenquellen liegen die Anteile für die kürzeren Zeichenketten deutlich unter den mittleren Werten für Eingangsdaten, während die längeren Zeichenketten (= detailliertere Horizontkennzeichnungen) einen höheren Anteil besitzen. Dieser Umstand ist für die später notwendigen Generalisierungsschritte (→5.3.2) mit zu berücksichtigen, da folglich die einzelnen Eingangsdatenquellen von der generalisierungsbedingten Informationsreduzierung in unterschiedlicher Weise abstrahiert werden.

Die Substratkennzeichnung erfolgte innerhalb der originären Eingangsdaten überwiegend auf dem Niveau der Gruppe und Untergruppe nach Band 86 (AK BODENSYSTEMATIK 1998). Insgesamt ergibt sich auch für die Substrate ein breites Spektrum von ca. 1600 Kennzeichnungsvarianten. Als hauptsächliche Ursachen für diese hohe Anzahl sind neben schon angesprochenen Einflussfaktoren, wie inhaltliche Kennzeichnungsfehler und Unterschiede in den verwendeten systematischen Hierarchien, vor allem in der Darstellungsart der Bodenausgangsgesteine zu sehen. Hier zeigen sich Uneinheitlichkeiten sowohl in den verwendeten Schlüssellisten und als auch in der Rangfolgeregelung bei mehreren Angaben. Oft fehlt die Angabe des Bodenausgangsgesteins völlig. Insgesamt führen diese Ursachen zu einer „künstlichen“ Verbreiterung des Spektrums. Allein die ungeprüften Ausgangsgesteinsangaben, als Teil der Substratkennzeichnung, bewirken eine Erhöhung der Anzahl von systematischen Kennzeichnungsvarianten von ca. 900 auf über 1600 Substrate. Das Spektrum der real existierenden (systematisch exakt dargestellten) Substrate dürfte mit dem Blick auf das „Brandenburger Inventar“ an Bodenausgangsgesteinen (LIPPSTREU et al. 1997) erheblich begrenzter sein.

Einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Kennzeichnungsvielfalt besitzen die Kombinationseffekte, die aus der Verknüpfung von Horizont- und Substratangaben zu Horizont-Substrat-Kombinationen (HSK_E) resultieren. Bezogen auf die HSK_E wird diese Variantenvielfalt zu 32% ($n=2266$) durch die bodensystematische, zu 23% ($n=1604$) durch die substratsystematische Komponente und zu 45% durch Kombinationseffekte verursacht. Letztere sind auch eine Folge von abweichenden systematischen Niveaus innerhalb der HSK_E . In diesem Fall werden für ein an sich inhaltlich vergleichbares Darstellungsziel unterschiedlich detaillierte Horizont- oder Substratbezeichnungen gewählt. Unter Beachtung des Einflusses der beiden Komponenten (bodenbildendes Substrat und Pedogenese) auf die Ausprägung von stofflichen Eigenschaften der Horizonte, ist zu fragen, inwieweit dieses kennzeichnungsbedingte Verhältnis für den Merkmalstransfer geeignet ist (KÜHN 2000, BOUMA 1985). Zumindest die statistische Auswertung wird durch die hohe Anzahl an Kennzeichnungsvarianten und durch deren pedogenetische Betonung erschwert. So verfügen nur wenige Horizont-Substrat-Kombinationen auf Basis der Eingangsdaten über einen respektablen Stichprobenumfang (→Abbildung 31).

Die Analyse der Eingangsdaten muss eine inhaltliche Betrachtung mit einschließen. Mit diesem Ziel erfolgte zunächst eine Gruppierung der beschreibenden Horizontdaten nach ihrer Substratgenese i.S. der KA4 (AG BODEN 1994), sowie in Anlehnung an die im Kapitel 3.1. definierten Substratgeneseeflächentypen⁴⁶ (→Abbildung 12). In deren Ergebnis ist sowohl eine Bewertung der gruppenbezogenen Häufigkeit (→Tabelle 11) als auch ein Vergleich mit dem Zieldatenspektrum (→Abbildung 33) möglich.

In den Gruppenhäufigkeiten dokumentiert sich die Dominanz der Horizonte aus periglaziären und glaziären Sedimenten (p-g[p,g,fg,fgl]), die mit über 60 % der Horizontdaten die größte Gruppe bilden. Alle anderen Gruppen verfügen über deutlich geringere Horizontdatenmengen, wobei sich die fluviatilen Sedimente (f[ff,fu,q,fl]) mit einem Anteil von ca. 17% noch etwas abheben. Unabhängig von dieser Zuordnung fehlen zu ca. 7700 Horizonten die Angaben zur Substratgenese⁴⁷. Dies entspricht einem Anteil von ca. 26 % des horizontbezogenen Gesamtdatenumfangs.

⁴⁶ Hinzu kommen die kolluvialen Substrate (u), die kein eigenständiger Substratgeneseeflächentyp sind.

⁴⁷ Diese Angabe versteht sich exklusive der organischen Auflagenhorizonte, für die keine Substratangaben notwendig sind.

Tabelle 11: Absolute und relative (%) Anzahl von beschreibenden ($n(\text{bHSK}_E)$) und analysierten ($n(\text{aHSK}_E)$) Horizontdaten sowie absolute und relative (%) Anzahl von identischen systematischen Kennzeichnungsvarianten, jeweils bezogen auf die Substratgeneseefächentypen (SGFT)

SGFT HSK _E	a[<i>Sa,Los</i>]	f[<i>ff,fu,q,fl</i>]	fo	p- <i>g</i> [<i>p,g,f,g,fgl</i>]	og	oj	u
$n(\text{bHSK}_E)$	1295	3430	1483	14619	1053	817	1211
$n_{\%}(\text{bHSK}_E)$	4,4	11,6	5,0	49,5	3,6	2,8	4,1
$x(\text{bHSK}_E)$	285	1173	502	3676	423	521	330
$x_{\%}(\text{bHSK}_E)$	4,1	17,0	7,3	53,2	6,1	7,5	4,8
$n(\text{aHSK}_E)$	414	869	804	5948	230	307	471
$n_{\%}(\text{aHSK}_E)$	4,8	10,1	9,4	69,4	2,7	3,6	5,5
$x(\text{aHSK}_E)$	149	648	456	2175	212	351	205
$x_{\%}(\text{aHSK}_E)$	3,6	15,4	10,9	51,8	5,1	8,4	4,9

Von größerer Relevanz für die Bewertung des inhaltlichen Punktdatenspektrums ist der Vergleich mit dem Zieldatenspektrum. Die in der Abbildung 33 dargestellten Abweichungen entsprechen der Differenz aus der relativen Gruppenhäufigkeit (SGFT) der punktbezogenen Eingangsdaten (→Tabelle 11) und den flächenbezogenen Kennwerten des Zieldatensatzes, relativer Deckungsgrad ($D[\text{SGFT}]$) bzw. relative Frequenz ($F[\text{SGFT}]$), →Abbildung 27).

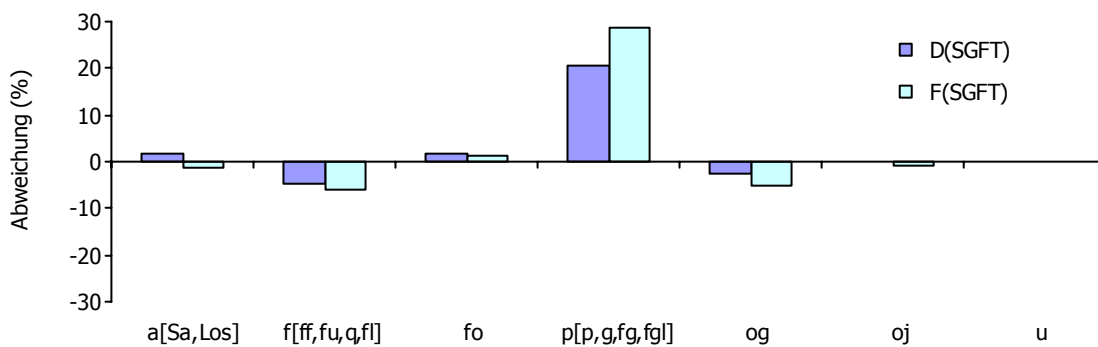


Abbildung 33: Relative Abweichung (%) zwischen dem punktbezogenen Eingangsdatendatenumfang (beschreibende Schichtdaten) und dem Deckungsgrad ($D[\text{SGFT}]$) sowie der Frequenz ($F[\text{SGFT}]$) der Zieldaten auf Basis gleicher Substratgeneseefächentypen

Dieser Ansatz soll prüfen, inwieweit auf Basis der Zugehörigkeit zu einem Substratgeneseefächentyp, die Anzahl von punktbezogenen Informationen mit den flächenbezogenen Kriterien des Zieldatensatzes wie Deckungsgrad und Frequenz korrespondiert. Geringe Abweichungen zwischen den Kategorien können im Sinne einer guten Übereinstimmung zwischen dem verfügbaren Punktdatenumfang und dem zu beschreibenden Flächendatenanteil interpretiert werden. Im Falle von höheren positiven Abweichungen ist der Punktdatenumfang gegenüber dem Deckungsgrad und/oder der Frequenz der Zieldaten überrepräsentiert. Dies trifft auf die Horizonte aus periglaziären und glaziären Sedimenten zu (→Abbildung 33). Der Unterschied in den Abweichungen zwischen Deckungsgrad und Frequenz resultiert aus den tendenziell größeren Einzelflächen innerhalb dieses Substratgeneseefächentyps (→Abschnitt 3.2, Tabelle 1).

Für die anderen Gruppen sind hingegen negative Abweichungen kennzeichnend. Die verfügbare Datenmenge ist daher als eher unterrepräsentiert zu bewerten. Allerdings zeigen sich nur für die Horizonte der fluviatilen ($f[\text{ff,fu,q,fl}]$) und der organogenen (og) Sedimente stärkere negative Abweichungen. In Bezug auf deren Flächenanteil besteht für diese Gruppe ein größerer Datenbedarf.

Die gleichen Tendenzen zeigen sich, wenn auch in einem erheblich stärkeren Maße für die bodenchemischen Analysendaten.

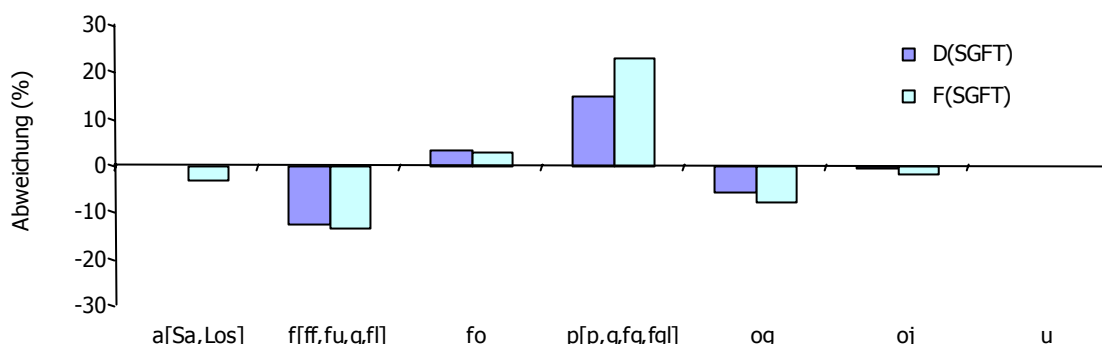


Abbildung 34: Relative Abweichung (%) zwischen dem punktbezogenen Eingangsdatenumfang (Analysedaten) und dem Deckungsgrad (D[SGFT]) sowie der Frequenz (F[SGFT]) der Zieldaten auf Basis gleicher Substratgeneseflächentypen

Hier verstärkt sich das relative Ungleichgewicht für die fluviatilen Sedimente auf ca. -13 % und das der organogenen Sedimente auf ca. -8 % (→Abbildung 34). Hinzu kommt ein erheblich geringerer Stichprobenumfang für die Analysendaten insgesamt, der sich von über 20 000 systematisch beschreibenden auf ca. 9000 analysierte Horizontdaten einengt. Dies entspricht einer Reduzierung auf 45 % der Eingangsdatenbestandes.

Auch wenn mit diesen Gegenüberstellungen die inhaltliche Grundstruktur in den Eingangsdatenbeständen erkennbar ist, so lassen sich die konkreteren Datendefizite erst nach einer Harmonisierung und Generalisierung der Eingangsdaten herausfiltern. An dieser Stelle ist aus besagten Gründen eine Verknüpfung von Eingangs- und Zieldaten noch nicht sinnvoll.

4.4 Bewertung und Diskussion der Datenquellen und -qualitäten

Die Bewertung der Eingangsdatenquellen soll herausstellen, welche quantitative und qualitative Bedeutung die einzelnen Bestände für den Gesamtdatenbestand insgesamt besitzen. Die Kenntnis hierzu ist notwendig, da die Eingangsdatenquellen über ihr anteiliges Gewicht das spätere Ableitungsergebnis maßgeblich beeinflussen. Die quantitative Betrachtung bezieht sich folglich auf den Anteil des jeweiligen Eingangsdatenbestandes am Gesamtdatenbestand. Aufgrund der definierten Mindestanforderungen (→4.2.2) können in die weitere Bewertung nicht alle potenziell verfügbaren Quellen (→Tabelle 8) mit einbezogen werden. Durch die Nichtberücksichtigung der umfangreicheren Datenquellen wie MSU oder SEB kommt es zu einer Verschiebung der relativen Anteile. Die Angaben in der Tabelle 11 basieren daher auf dem nach Mindestanforderungen gefilterten Eingangsdatenumfang. In dieser Aufstellung zeigt sich, dass einige Datenquellen ein besonderes Gewicht besitzen. So dominieren die LGRB-Daten und in einem etwas geringeren Umfang auch die PRODAT- und ZALF-Daten den Bestand für die beschreibenden Profil- (PBF_%) und Horizontdaten (bHSK_{E%}). Die Ergebnisse für die Parameter Horizonteober- bzw. Horizontuntergrenze, sowie Horizontmächtigkeit werden sich daher fast ausschließlich aus diesen Quellen ableiten. Zu berücksichtigen sind hierbei aber die Abweichungen, die im Grad der systematischen Detailliertheit (Zeichenkettenlängen, →Abbildung 32) bestehen. Dies kann zur Folge haben, dass sich die mittleren Horizontmächtigkeiten zwischen den Datenquellen kennzeichnungsbedingt unterscheiden. Auf die Notwendigkeit einer Datenharmonisierung, die diesen Aspekt mit einschließt, wurde bereits hingewiesen.

Als Hauptlieferanten für Analysendaten (aHSK_{E%}) sind die LGRB- und PRODAT-Daten anzusehen, die fast 90% der Werte beisteuern. Alle anderen Quellen besitzen hingegen nur eine untergeordnete Bedeutung. Bemerkenswert ist weiterhin, dass die Mehrheit der Analyseergebnisse aus einer Altdatenquelle (PRODAT) stammt (→Tabelle 12). Dieser Umstand ist für die Ableitung von rezenten mittleren Bodeneigenschaften nicht unbedingt wünschenswert. Obgleich eine

weitgehende Vergleichbarkeit in den genutzten Labormethoden besteht (→4.2.3.), ist zu berücksichtigen, dass die Altdaten mit einer interpretationsbedingten Unschärfe behaftet sind, die infolge des Übersetzungsprozesses entstehen. Sie bedürfen daher im Weiteren einer gewichteten Betrachtung, damit die späteren Ableitungsergebnisse nicht allein von den Altdaten bestimmt wird.

Tabelle 12: Anteil (%) der einzelnen Datenquellen am Eingangsdatenbestand (ED) für die Profildaten (PBF_%), die beschreibenden Horizont-Substrat-Kombinationen (bHSK_E %) sowie die analysierten Horizont-Substrat-Kombinationen (aHSK_E %) mit ihren parameterbezogenen Anteilen, hinterlegte Werte entsprechen den höchsten Anteilen

Datenbestand Parameter	LGRB	PRODAT	HU Projekt	Projekt Schöneiche	Projekt Fläming	Projekt Uckermark	ZALF	Bodenschätzung	LUA Aue	C&E (Kippen)
PBF _%	39,3	16,8	4,7	2,8	0,5	0,1	24,5	3,0		
bHSK _E %	45,2	15,1	6,6	2,9	0,7	0,1	18,8	1,9	0,4	0,4
aHSK _E %	31,0	54,9	3,7	1,5	0,5		4,5		1,3	1,5
pH-Wert	37,0	48,3	4,5	1,7	0,4				6,4	1,7
TC (%)	47,6	28,8	5,5		0,5		7,0		8,4	2,3
GV (500°C)	71,0		9,7	3,5	0,8		11,4			3,7
KAKpot	29,8	65,1	2,5		0,2					2,5
KAKeff	70,0	17,6	11,3		1,1					
CaCO ₃	43,6	40,7	5,3	3,7	0,1					6,5
S (%)	21,5	68,6		1,7			6,1			2,0
U (%)	21,5	68,6		1,7			6,1			2,0
T (%)	20,1	64,0		1,6			5,7		6,8	1,8
GB (%)	21,5	68,6		1,7			6,1			2,0
TRD	8,5	72,9		0,9			8,0		9,6	
FK	48,9			5,1			46,0			
nFK	48,9			5,1			46,0			
LK	48,9			5,1			46,0			
Kf	46,3	46,6		7,1						

Herauszustellen ist jedoch, dass sich die Anteile der einzelnen Datenquellen bezogen auf die einzelnen Parameter verschieben. Während beispielsweise die Analysenergebnisse zur potenziellen Kationen-austauschkapazität (KAKpot) oder zu den Trockenrohdichten (TRD) weitgehend aus der PRODAT stammen, rekrutieren sich die Daten zum Glühverlust (GV (500°C)) oder zur nutzbaren Feldkapazität überwiegend aus den LGRB-Daten (→Tabelle 12). Dennoch darf diese relative Sicht auf die Daten nicht darüber hinwegtäuschen, dass der quantitative Umfang für einige Parameter insgesamt sehr begrenzt ist (→Tabelle 10). Auch ungeachtet der weiteren methodischen Schritte lässt sich bereits an dieser Stelle ein Defizit insbesondere an Daten zur Berechnung der (nutzbaren) Feldkapazität bzw. der Luftkapazität konstatieren.

Neben dem quantitativen Umfang am Gesamtdatenbestand ist die Parameterausstattung ein weiteres Kriterium zur Beurteilung der Wertigkeit von Eingangsdatenquellen. Ein möglichst breites Parameterspektrum ist nicht zuletzt im Interesse einer substanziellen Plausibilitätsprüfung anzustreben. Die Tabelle 12 zeigt, über welches anteilige Parameterspektrum die Eingangsdatenquellen verfügen. Das notwendige Spektrum leitet sich zum Einen aus dem empfohlenen Mindestdatensatz der KA5 (AG BODEN 2004) für die semantisch-systematischen Parameter (→Tabelle 5) ab und gründet sich zum Anderen auf die stofflichen Parameter (Analysendaten), die als Eingangsparameter für thematische Auswertungen vorzuhalten sind (→Tabelle 10).

In der Aufstellung (→Tabelle 13) fallen die deutlichen Unterschiede in der Parameterausstattung zwischen den semantisch-systematischen und den stofflichen Parametern auf. Während alle Datenquellen mehr oder minder das beschreibende Parameterspektrum abdecken können,

bestehen bei den stofflichen Parametern größere Abweichungen. Nur wenige Datenquellen beinhalten ein breiteres Parameterspektrum. Auf einem vollständigen Parameterdatensatz basieren demnach nur die LGRB Daten. Die Aufstellungen zu den parameterbezogenen Datenumfängen (→Tabelle 10) haben aber gezeigt, dass die Parameterausstattung auch innerhalb der einzelnen Datenquellen uneinheitlich ist. Die Beurteilung der Wertigkeiten von Eingangsdatenbeständen ist daher, zumindest für die Analysendaten, nur für die Einzelparameter sinnvoll.

Tabelle 13: Eingangsdatenquellen mit ihrer anteiligen Ausstattung an beschreibenden und stofflichen Parametern, hinterlegte Werte entsprechen den höchsten Anteilen

Datenbestand Parameter		LGRB	PRODAT	HU Projekt	Projekt Schöneiche	Projekt Fläming	Projekt Uckermark	ZALF	Bodenschätzung	LUA Aue	C&E (Kippen)
Anzahl v. beschreibenden Parametern i.S. Mindestdatensatz KA5	absolut	24	22	24	21	24	24	22	17	13,5	13
	relativ (%)	100	91,7	100	89,6	100	100	91,7	70,8	56,3	54,2
Anzahl v. stofflichen Parametern	absolut	15	11	6	13	6		10	4	9	9
	relativ (%)	100	73,3	40	86,7	40		66,7	46,7	26,7	60

Obwohl ein umfangreicher Datenfundus an beschreibenden wie auch analysierten Profil- und Horizontdaten zur Verfügung steht, führen die Mindestanforderungen an die Vergleichbarkeit (genutzte systematische und laboranalytische Regelwerke) zu einer Reduzierung auf ca. 40 % der semantisch-systematischen und auf ca. 70 % der analysierten Daten des insgesamt verfügbaren Datenbestandes (→Tabelle 8). Diese Reduzierung schließt aber noch nicht den inhaltlichen Abgleich mit dem Zieldatenspektrum (Verknüpfungserfolg) ein, da die Eingangsdaten an dieser Stelle noch nicht von ihren Unterschieden im systematischen Kennzeichnungsniveau bereinigt sind. Im Hinblick auf die Anzahl und die Häufigkeit von Kennzeichnungsvarianten (→Abbildung 30) stellt sich aber die grundsätzliche Frage, ob die vielfach miteinander in Beziehung gebrachten Kategorien:

häufig = typisch = repräsentativ
 selten = untypisch = nicht repräsentativ

wirklich in dieser Abhängigkeitsbeziehung stehen. Unter Berücksichtigung der mittleren Häufigkeit des Auftretens von Kennzeichnungsvarianten hat auf Basis der ungefilterten Eingangsdaten eher die Seltenheit (i.S. von geringer Häufigkeit) einen typischen Charakter. Ein Vergleich innerhalb der Profil- und Horizontdaten zur PRODAT zeigt, dass die Ursache hierfür in Kennzeichnungsfehlern, vor allem aber im systematischen Kennzeichnungsniveau zu suchen ist. So verbreitert sich das Spektrum von 236 systematisch verschiedener Bodenformen i.S. der TGL 243000 (1987) auf 1093 verschiedene Bodenformen i.S. der KA4 (AG BODEN 1994) einzig durch den systematischen Kennzeichnungswechsel. Da die erhobenen Punktdaten vor allem zur Flächenbeschreibung dienen sollen, ist fraglich, ob der Grad der systematischen Auflösung (die dadurch bedingte Variantenvielfalt) bezogen auf das Ziel einer Flächenbeschreibung gerechtfertigt ist. Einer stärker aggregierten oder auch systematisch abstrakteren Kennzeichnung stehen wiederum die Forderungen aus der Sicht der Informationssicherung und der Plausibilitätsprüfung gegenüber. Je generalisierter die bodenkundliche Originalinformation bei der Erhebung abgelegt wird, um so schwerer fällt später die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse. Umso eingeschränkter ist im Weiteren die Nutzungsmöglichkeit für sekundäre oder tertiäre Auswertungsziele, die zum Erhebungszeitraum noch nicht absehbar waren, wie heute die Nutzung der Ergebnisse der Reichsbodenschätzung für nichtsteuerliche Zwecke zeigt.

Bei der Durchsicht der Datenbestände fällt auf, dass ein nicht unwesentlicher Anteil der Variantenvielfalt sich weniger durch inhaltliche Notwendigkeit begründet, sondern durch die Kopplung verschiedenster bodensystematischer und substratsystematischer Niveaus miteinander „künstlich

produziert“ wird. Verbindlichere Regelungen zu diesem Thema würden den enormen Aufwand der Datenharmonisierung verringern und die Auswertbarkeit von Daten erheblich verbessern⁴⁸. Die gegenwärtigen systematischen Kennzeichnungsregeln (Band 86, KA4) stehen wegen ihrer Formalität und ihres Umfangs zwar oft in der Kritik, ihre konsequente Anwendung würde den Wirrwahr an Kennzeichnungsformen bereits einschränken und eine standortübergreifende Betrachtung erleichtern (HUSCHEK & KRENGEL 2003). Die aktuellen bodenkundlichen Systematiken, wie die Bodenkundliche Kartieranleitung (AG BODEN 1994, 2004), zielen mit ihren Ansprüchen vor allem auf umfassende punktbezogene und weniger auf flächenbezogene Kennzeichnungsmöglichkeiten.

⁴⁸ Die Fragen der Datentransformation und Datenharmonisierung werden im nachfolgenden Kapitel eingehender diskutiert (→ Kapitel 5. ...).

5 Horizont-Substrat-Kombination - Methodenentwicklung

5.1 Methodischer Ansatz

Im Kapitel 2 wurden bereits verschiedene methodische Varianten zur Ableitung flächenbezogener Profil- und Horizontdaten vorgestellt. Im Ergebnis der Analysen zu den verfügbaren Punktdaten = Eingangsdaten (→Kapitel 4) und zu den zu charakterisierenden Flächendaten = Zieldaten (→Kapitel 3) erwies sich der methodische Ansatz, über die mittleren Eigenschaften von Horizont-Substrat-Kombinationen der Eingangsdaten (HSK_E) zu flächenbeschreibenden Daten zu gelangen, als Vorzugsvariante.

VETTERLEIN (1986) führte mit den Substrat-Horizont-Gruppen dieses Prinzip zur Ermittlung von mittleren bodenphysikalischen Horizonteigenschaften ein und für ähnliche Fragestellungen wurde von ZEITZ (1992), RIECK et al. (1995), BAURIEGEL (2000) und DEHNER et al. (2001) aufgegriffen.

Ziel der Methodenentwicklung ist es, diesen Ansatz für die Ableitung von flächenbezogenen Daten zu modifizieren und zu erweitern. Dies erforderte auf dem Weg von den Eingangsdaten zu den Zieldaten eine Reihe von methodischen Zwischenschritten von der Harmonisierung und Plausibilitätsprüfung bis hin zur Generalisierung und Aggregation der Eingangsdaten (BAURIEGEL 2001).

In welchem Ausmaß und Umfang diese Prozesse der Datenvorbereitung angewendet werden müssen, hängt von der Qualität der Eingangsdaten und vom inhaltlichen (systematischen) Niveau der zu beschreibenden Horizont-Substrat-Kombinationen der Flächenbodenformen der jeweiligen Zielkategorie ab (HANNEMANN et al. 1999).

Der Zieldatensatz ist i.d.R. auf die Charakterisierung von flächenbeschreibenden Bodenformen (FBF) fokussiert, er kann aber auch rein thematisch angelegt sein (z.B. mittlere Stoffgehalte unter einer definierten Nutzung).

In beiden Fällen ist es Ziel, einen möglichst großen Teil der verfügbaren Grunddaten in die Ableitungsroutinen einzubinden und die reale Zugriffsrate auf die relevanten Datenbestände zu maximieren. Hierfür müssen die Eingangsdaten zunächst auf ein definiertes Zielniveau angeglichen werden. Alle HSK_E (Eingangsdaten) mit gleicher „harmonisierter“ Kennzeichnung umfassen dann den Bewertungshintergrund für eine abgeleitete HSK_Z (Zieldaten). Die HSK_Z insgesamt bilden ihrerseits die „konstruktiven Bausteine“ für die Synthese zu einer Flächenbodenform und folgen damit einem modularen Prinzip (→Abbildung 11).

Die „Bausteine“ ermöglichen dann auch die Charakterisierung von „hypothetischen Flächenbodenformen“, die noch nicht durch mindestens ein dokumentiertes und analysiertes Punktpprofil gestützt sind, aber dennoch in der Bodendecke des Betrachtungsraumes mit einer hohen Wahrscheinlichkeit auftreten. Dieses Problem betrifft einen nicht unwesentlichen Teil der inhaltlich zu untersetzenden Flächenbodenformen. Die Wahrscheinlichkeit ihres tatsächlichen Auftretens ergibt sich aus dem Verschneidungsprodukt der relevanten punkt- und flächenbezogenen Datenquellen. Bis zur Bestätigung durch ein erkundetes Profil behalten diese Flächenbodenformen ihren hypothetischen Charakter.

Wie im Kapitel 4 gezeigt, ist formal der Zugriff auf eine große Anzahl von Profil- und Horizontdatensätzen (→Tabelle 8) möglich. Unmittelbar lässt sich dieser Rohdatenbestand auf Grund der kennzeichnungsbedingten Heterogenität der Daten nicht sinnvoll in die Methodenabläufe einbinden. Die Daten müssen zunächst in Teilschritten harmonisiert und transformiert sowie auf ihre horizontbezogene, analytische und profilbezogene Plausibilität überprüft werden. Weitere Methodenschritte dienen der Generalisierung und Aggregation der Eingangsdaten in (abstraktere) Gruppen. Erst im Ergebnis dieser Datenvorbereitung ist eine statistische Auswertung der HSK_E sinnvoll.

Die Notwendigkeit dieser „Vorbehandlung“ ergibt sich aus dem breiten Variantenspektrum inner-

halb der Eingangsdatenbestände ($x_{\text{HSKE}} = 7957$)⁴⁹. Letztere zeichnen sich durch eine sehr große Anzahl von Profil- und Horizontdaten aus, die sich in ihrer systematischen Kennzeichnung unterscheiden. Die Häufigkeitsverteilung gleicher systematischer Einheiten (PBF, HSK_E) weist für das Ziel, der Ableitung von mittleren Profil- und Horizonteigenschaften, einen sehr ungünstigen Verlauf auf (→Abbildung 6). Nur wenige dieser HSK_E -Varianten verfügen auf Basis der Eingangsdaten über einen ausreichenden Stichprobenumfang (→Kapitel 4). So besitzen nur 2,3% der HSK_E ein Individuenanzahl von $n_{\text{HSKE}} > 20$ HSK.

Das methodische Vorgehen setzt sich aus mehreren Teilschritten zusammen, die nacheinander oder miteinander verzahnt ablaufen.

1. Segmentierung der Eingangsdaten in ihre einzelnen Horizont-Substrat-Kombinationen (HSK_E) (Abbildung 11),
2. Transformation und Harmonisierung der HSK_E ,
3. Plausibilitätsprüfung der HSK_E ,
4. Generalisierung und Aggregation der HSK_E auf das Zielniveau (HSK_Z),
5. statistische Bewertung der HSK_Z ,
6. Synthese der HSK_Z zu einer Flächenbodenform,
7. Prüfung der Flächenbodenform auf eine profilbezogene Plausibilität

5.2 Methodenschritte zur Datenvorbereitung

5.2.1 Recherche und Segmentierung (Schritt 1)

Der methodische Ablauf beginnt mit der Recherche erschließbarer Punktdatenquellen und der Segmentierung der verfügbaren Profile in die einzelnen Horizont-Substrat-Kombinationen (HSK_E , →Abbildung 9). Diese bilden den Rohdatenpool der Eingangsdaten für die nachfolgende Ableitung von mittleren Eigenschaften für ein definiertes Spektrum an Horizont-Substrat-Kombinationen zur Charakterisierung der Flächenbodenformen (Zieldaten). Die Recherche muss andere Metadaten, wie z.B. verwendete Analysemethoden oder Kennzeichnungsstandards, mit einschließen. In deren Ergebnis können gegebenenfalls Teildatenbestände auf Grund ihrer fehlenden Vergleichbarkeit oder eines zu hohen Harmonisierungsaufwandes nicht mit berücksichtigt werden.

5.2.2 Datentransformation und Datenharmonisierung (Schritt 2)

Die Datenharmonisierung und Datentransformation sind aufwändige, zugleich aber notwendige Methodenschritte zur Schaffung eines vergleichbaren und auswertbaren Datensatzes.

Die **Datentransformation** behandelt den strukturellen Aspekt innerhalb der Datenverwaltung (Datenfeldnamen, Datenfeldtypen, etc.). Ziel der Transformation ist es, sowohl ein geregeltes Ablegen als auch Abfragen von Profil- oder Horizontinformationen zu ermöglichen. Dies erfordert eine möglichst einheitliche, zumindest aber kommunizierbare Datenstruktur zwischen den verschiedenen Informationsquellen. Eine Transformation kann in Abhängigkeit von den Eingangs- bzw. Zieldatenstrukturen zu einer Zerlegung (Atomisierung) oder zu einer Zusammenführung der Eingangsdaten führen (→Abbildung 35). Die Daten selbst, werden durch diesen Prozess in ihren Inhalten nicht verändert.

⁴⁹ Datenabfrage vom 10.05.04

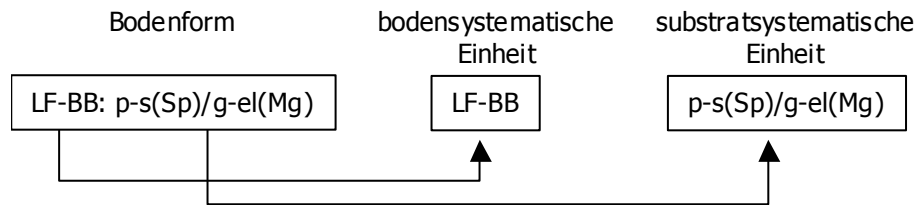


Abbildung 35: Vereinfachtes Beispiel der Atomisierung von Datensätzen

Die Datenbankstrukturen sind zwischen den Staatlichen Geologischen Diensten grundsätzlich abgestimmt (HEINECKE et al. 1995), dennoch existieren Unterschiede zwischen den Informationssystemen der Länder (NLFB 2002, SCHMANKE & FRIEDRICH 2002) und vor allem außerhalb der Staatlichen Geologischen Dienste. Die Gründe hierfür sind in den dezentral, länder- oder ressortspezifisch entwickelten Datenbankanwendungen zu suchen. Dieser Umstand erschwert ein effizientes Abfragen der Daten bzw. die Kommunikation zwischen den Datenquellen erheblich.

Unter **Datenharmonisierung** wird das Angleichen verschiedener Kennzeichnungsvarianten von profil- und horizontbezogenen Daten in ein einheitliches (systematisches) Darstellungsprinzip verstanden. Die Datenharmonisierung ist nicht gleichzusetzen mit einer Übersetzung von Daten in verschiedene Systematiken oder Nomenklaturen.

Die boden- und substratsystematischen Regelwerke erlauben insbesondere in der Ebene der Horizontkennzeichnung unterschiedlich spezifische Darstellungsgrade sowie die Kopplung verschiedener systematischer Niveaus. Dieser Umstand ermöglicht, dass eine bestimmte Merkmalskombination zu abweichenden, aber systematisch korrekten Darstellungsvarianten führen kann (→ Beispiele 1-3). Für den zu bewertenden Datenbestand erhöht sich dadurch der Aufwand beim Filtern der relevanten Datensätze.

Ziel der Harmonisierung ist es, durch die Angleichung der Kennzeichnungsprinzipien die Variantenanzahl einzuschränken, das Maximum der inhaltlich avisierten Daten aus dem Gesamtdatenbestand zu erfassen und den Aufwand für die Definition der Datenabfragen zu minimieren. Dies erfordert eine Eindeutigkeit der Daten in Inhalt und Struktur.

Der Prozess der Datenharmonisierung hat aber auch immer einen spekulativen Aspekt. Dies trifft dann zu, wenn eine stärkere Differenzierung im systematischen Kennzeichnungsniveau erforderlich wird. Ist eine disaggregierende Datenharmonisierung nicht zu vermeiden, so sind die verwendeten Regeln bzw. Prinzipien reproduzierbar zu dokumentieren. Eine disaggregierende Datenharmonisierung sollte insbesondere dann vermieden werden, wenn es sich um übersetzte oder interpretierte Daten handelt (z.B. KA3→KA4, TGL→KA4), und /oder das erhobene Parameterspektrum der Originaldaten für eine Spezifizierung unzureichend ist. Für die Flächenbodenformen zur BÜK 300 und das damit zusammenhängende Zielniveau spielen Disaggregationen eine untergeordnete Rolle. Sie bekommen aber eine höhere Relevanz für die Charakterisierung von Flächenbodenformen für großmaßstäbige Bodenkarten.

Die Überführung der Datensätze in ein harmonisiertes Kennzeichnungsprinzip umfasst u.a.:

- die Vereinheitlichung abweichender Schlüssellisten (KA4x → KA4),
- die inhaltliche Parallelisierung verschiedener systematischer Auffassungen (z.B. zu periglaziären Lagen oder zur Lessivé-Genese),
- die Angleichung unterschiedlicher systematischer Niveaus im Gesamtdatenbestand sowie
- das Ergänzen fehlender Angaben (Bodenausgangsgestein, Grobboden).

Der Abgleich der im Eingangs- bzw. Zieldatensatz verwendeten Schlüssellisten erfolgt über die Verknüpfung der zu harmonisierenden Datenfelder und der Abfrage nach uneindeutigen Kennzeichnungsvarianten (Schlüssel). Diese uneindeutigen Fälle müssen dann möglichst mit „zulässigen“ Schlüsselteinträgen verknüpft werden. Kennzeichnungsvarianten, die sich nicht eindeutig mit der Schlüsselliste des Zieldatensatzes abgleichen lassen, dürfen im weiteren Methodenablauf nicht weiter berücksichtigt werden. Ein großer Harmonisierungsbedarf besteht häufig für die Angaben

zum Bodenausgangsgestein. Hier kommen häufig regionale oder bundesländerspezifische Kennzeichnungen zum Tragen (→Beispiel 1). Dies ist auch dem Umstand geschuldet, dass keine bundesweit akzeptierte Liste zu den Bodenausgangsgesteinen existiert.

Beispiel 1

<i>Eingangsdaten</i>		<i>Zieldaten (harmonisierte Daten)</i>
	→	
ilCv:f-(k)s(vs)		ilCv:f-(k)s(Sgf)

Im konkreten Beispiel (1) handelt es sich in beiden Fällen um glazifluviatile Sande (Sgf). Die Vorschüttssande (vs) entsprechen einer genetischen Spezifizierung dieser Ablagerungen und deren Bezeichnung wird vorwiegend im Norddeutschen Tiefland verwendet (LIPPSTREU 1995).

Die Parallelisierung von verschiedenen systematischen und pedo- oder substratgenetischen Auffassungen ist der inhaltlich-fachlich problematischste methodische Schritt innerhalb der Datenharmonisierung. Hier sind interpretationsbedingte Unschärfen zu erwarten. Dennoch ist die Parallelisierung unumgänglich, da für die Ableitung von horizontbezogenen mittleren Eigenschaften alle relevanten Daten in die Bewertung eingehen müssen.

Beispiel 2

<i>Eingangsdaten</i>		<i>Zieldaten (harmonisierte Daten)</i>
	→	
Ah-Bv:f-(k)s(Sgf)		Ah-Bv:p-(k)s(Sp)

Das Beispiel 2 soll die Harmonisierungsnotwendigkeit von unterschiedlichen (bearbeiterbedingten) genetischen Auffassungen illustrieren. Basierend auf dem gegenwärtigen Kenntnisstand ist anzunehmen, dass der Prozess der Verbraunung (Bv) an Substrate (p-(k)s) bzw. deren Bodenausgangsgesteine (Sp) mit einem starken periglaziären Einfluss gebunden ist (BUSSEMER 1998). Die Substratkennzeichnung der Eingangsdaten (s.o.) impliziert hingegen die Verbraunung in einem weitgehend unverwitterten Schmelzwassersand (f-(k)s(Sgf)). Mit dem Ziel, das gleiche Phänomen innerhalb eines Datensatzes mit der gleichen inhaltlichen Kennzeichnung darzustellen, erfolgte hier die harmonisierte Kennzeichnung der Zieldaten i.S. der plausibleren genetischen Auffassung.

Das Überführen der Daten in ein einheitliches systematisches Kennzeichnungsniveau ist in erster Linie verbunden mit einer Niveauangleichung zwischen bodensystematischer und substratsystematischer Kennzeichnungsstufe. Das Maß der Harmonisierung ist dabei abhängig vom Kennzeichnungsniveau der Eingangsdatensätze bzw. Zieldatensätze. In beiden Fällen können Aggregierungs- bzw. Disaggregierungsschritte notwendig werden. Hier kann es zu einer Verzahnung zwischen der Datenharmonisierung und der Datenaggregation kommen.

Beispiel 3

<i>Eingangsdaten</i>		<i>Zieldaten (harmonisierte Daten)</i>
	→	
Cc:g-el(Mg)		elCc:g-el(Mg)
elCc:gm-csl(Mg)	→	

Das Beispiel 3 zeigt im Falle der Eingangsdaten zwei zulässige und plausible Kennzeichnungsformen einer HSK_E, deren Zeichenketten sich aber unterscheiden und daher nicht direkt gemeinsam abfragbar sind. Die Differenzen bestehen hier in der Verwendung zusätzlicher vorangestellter Horizontsymbole und in einem Niveauunterschied in der Kennzeichnung der Substrate (Substratart bzw. –unterart).

Alle Teilprozesse der Harmonisierung setzen die Kennzeichnung der Daten in der aktuellen Systematik (AK BODENSYSTEMATIK 1998) voraus. Die gegebenenfalls notwendige Übersetzung von Alt- oder Fremddaten muss im Vorfeld der Datenharmonisierung realisiert werden.

5.2.3 Plausibilitätsprüfung (Schritt 3)

Die Plausibilitätsprüfung der verwendeten Datensätze ist eine weitere unverzichtbare Voraussetzung im Vorfeld der Datenauswertung. Sie setzt auf die harmonisierten und transformierten Daten auf. Die einzelnen Teilprozesse sind im methodischen Ablauf jedoch nicht immer scharf trennbar, da sie oft parallel oder miteinander verzahnt ablaufen. Die Plausibilitätsprüfung kann grundsätzlich über zwei Wege realisiert werden:

- gefilterter Datenimport durch restriktive Filterfunktionen oder
- ungefilterter Datenimport und nachfolgendes Abprüfen an definierten Schlüssellisten.

Beide Verfahren haben Vor- und Nachteile. Aufgrund der Komplexität der bestehenden Systematik (Band 86, KA4/5) und den daraus erwachsenden, theoretisch fast unbegrenzten, boden- wie substratsystematischen Kennzeichnungsmöglichkeiten, sind vollständige Schlüssellisten kaum realisierbar. Sie würden einen sehr hohen Pflege- bzw. Aktualisierungsaufwand erfordern und wären in ihrem Umfang für Dritte weder überschaubar noch handhabbar. Aus diesem und anderen Gründen werden die importierten Datensätze erst nach erfolgter Eingabe in einem mehrstufigen System auf Plausibilität abgeprüft.

Plausibilitätsprüfungen sind immer mit einem großen Aufwand verbunden, welcher mit der Komplexität der Kennzeichnungssysteme wächst. Die Effektivität von Plausibilitätsprüfungen hängt vom Umfang verfügbarer Prüfkriterien und möglicher Referenzdaten ab. Sie steht damit in einem direkten Zusammenhang mit der Definition von Mindestdatensätzen (→ 4.2).

Als besonders hoch ist der Aufwand für Plausibilitätsprüfungen an Fremddaten (→ 4.1) einzuschätzen, da hier eine Reihe von Prüfkriterien (z.B. Bearbeitereffekte) im Nachhinein schwer zu bewerten sind. Oft kann nur in einem Abwägungsprozess zwischen Aufwand und Nutzen entschieden werden, ob die Fremddaten in die Methodenabläufe sinnvoll einzubinden sind. Fremddaten sollten aber in jedem Fall als Vergleichsdaten genutzt werden, unabhängig davon, ob sie als Gesamtdaten- oder Teildatenbestand auch in die Bewertung eingehen.

Der Aufwand bei Altdaten ist zwar ebenfalls hoch, da sie jedoch keinen dynamischen Charakter⁵⁰ besitzen, müssen die Prozesse der Datenharmonisierung, der Datentransformation und der Plausibilitätsprüfung nur einmal durchlaufen werden. Problematischer sind bei den Altdaten die oft notwendigen inhaltlichen Disaggregationen und Spezifizierungen bei der Angleichung an die aktuelle Systematik.

Aufgrund der gegenwärtigen Datendichte ist die Ableitungsmethodik auf ein offenes System angewiesen. Die Eingangsdatenbestände sind periodisch zu aktualisieren bzw. zu erweitern. Der dynamische Charakter der Eingangsdatenbestände darf die Korrekturroutinen nicht in eine Endlosschleife laufen lassen, die durch variable Zielgrößen, Veränderung von fachlichen Anschauungen bzw. Kennzeichnungskriterien bedingt sein können. Aus diesen Forderungen leitet sich die Schlussfolgerung ab, dass die mitunter notwendigen Modifizierungen und Erweiterungen in den systematischen Kennzeichnungsregelwerken (z.B. KA3→KA4→KA5) eine Eineindeutigkeit in ihren Änderungen garantieren und damit eine programmtechnische Anpassung erfolgen kann. Gleiches trifft auf die Analysenmethoden zu.

⁵⁰ Ihre Kennzeichnungssysteme (Systematiken) sind in der Regel abgeschlossen und unterliegen keinen laufenden Modifizierungen.

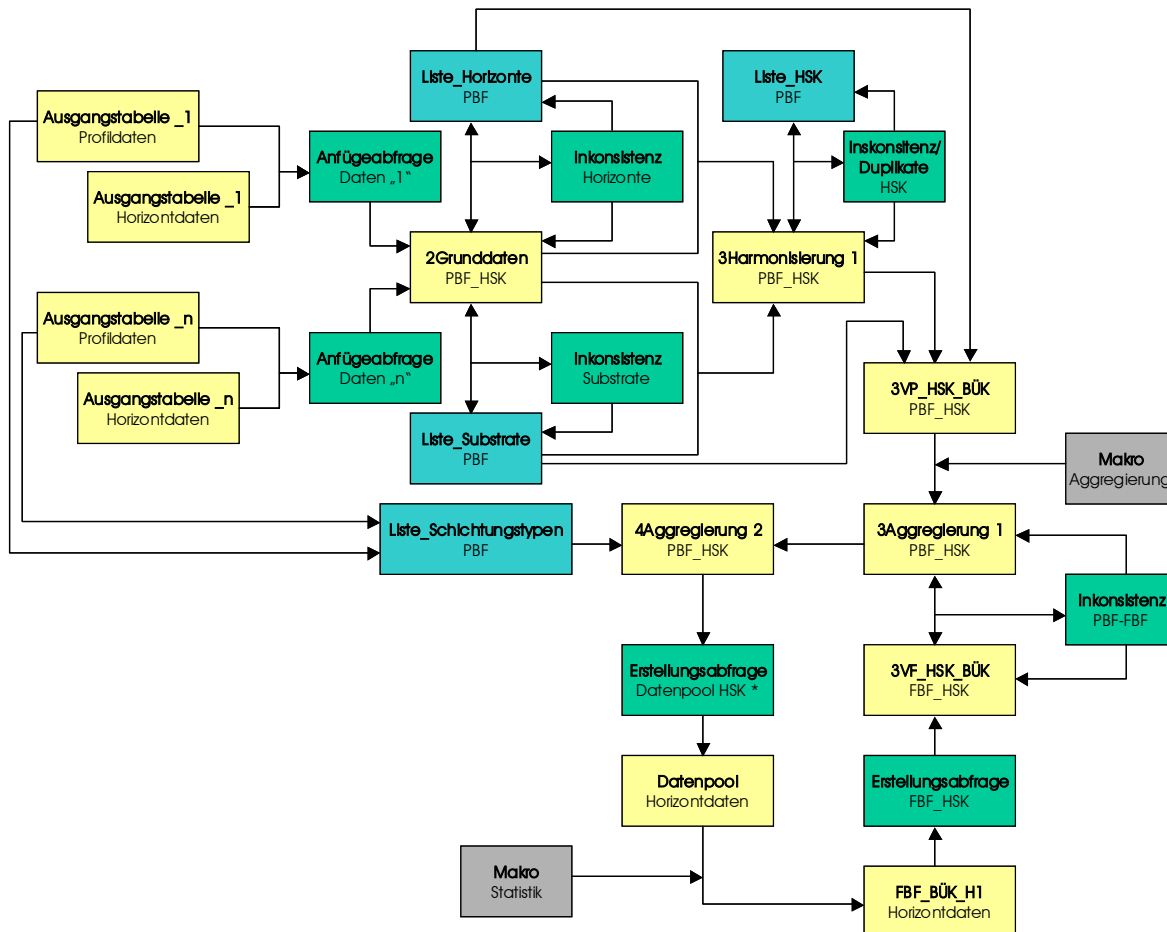


Abbildung 36: Datenbanktechnische Verzahnung von Plausibilitätsprüfung, Harmonisierung und Transformation

Im Folgendem sollen die methodischen Teilschritte zur Datenvorbehandlung und zur Plausibilitätsprüfung kurz erläutert werden.

1. Erstellen von Rohschlüssellisten

Rohschlüssellisten sind das Ergebnis von Erstabfragen (oder Recherchen) aus den zu bewertenden Eingangsdatenbeständen vor Ablauf der eigentlichen Plausibilitätsprüfung. Das inhaltliche Variantenspektrum wird ohne ihre Duplikate in der Rohschlüsselliste abgelegt. Es entspricht in ihren Inhalten nicht den theoretischen Reinschlüssellisten oder Auszügen aus den bestehenden Kennzeichnungsvorschriften (KA4, Band 86). Diese umfassen alle Kennzeichnungsvarianten, die innerhalb der Eingangsdaten auftreten.

Die Abfrageprodukte (Erstellungsabfragen⁵¹) ergeben erwartungsgemäß ein sehr heterogenes Bild. Die Rohschlüssellisten beinhalten ein breites Variantenspektrum, welches sich oft nur bedingt mit den theoretischen Reinschlüssellisten koppeln lässt. Daraus folgend, existiert zwischen Roh- und Reinschlüsselliste ein zunächst nur geringer Verknüpfungserfolg. Die Ursache hierfür liegt in Kennzeichnungsfehlern oder –lücken begründet, die durch die Offenheit des Systems bedingt sind.

Das Inventar der Rohschlüssellisten schreibt sich mit jeder weiteren aktualisierenden Datenabfrage fort, da mit erweiterten Grunddatenumfängen i.d.R. immer neue Horizont- und oder Substratvarianten hinzukommen.

Die Rohschlüssellisten für die zu bewertenden Horizont- und Substratvarianten werden separat erstellt. Die Trennung ist aus Gründen des Datenumfangs und der daraus resultierenden Hand-

⁵¹ selektive Abfrageprozedur (z.B. in MS Access), bei der das Abfrageergebnis in einer Tabelle gespeichert wird.

habbarkeit notwendig. Ohne eine Separierung würde die Rohschlüsselliste in Brandenburg über 7900 verschiedene Varianten an HSK_E umfassen. Die Horizontschlüsselliste besitzt derzeit einen Umfang von 1842 Kennzeichnungsvarianten. Die Rohschlüsselliste der Substrate besteht aus 1183 verschiedenen Substratarten⁵² (i.S. von Band 86). Beide Angaben basieren auf den derzeit digital verfügbaren und nomenklatorisch interpretierbaren Punktdatenbeständen (Band 86, KA4) innerhalb des Landesterritoriums. Sie beinhalten auch die nach KA4 übersetzten Horizont- und Substratvarianten der relevanten Alt- und Fremddaten (→Kapitel 4).

2. Korrektur der Rohschlüssellisten – Erstellen der Reinschlüssellisten

Die Rohschlüssellisten dienen zunächst der Fehlersuche. Die Fehlervarianten werden auf Basis der Listeneinträge korrigiert und dokumentiert. Sie bilden neben den plausiblen Daten den Umfang einer Reinschlüsselliste. Die korrigierten Schlüssellisten für die Horizonte bzw. die Substrate bestehen somit nicht nur aus der Reduktion auf bereinigte Kennzeichnungsvarianten, sondern beinhalten auch fehlerhafte Varianten mit einem zugefügten Korrekturvorschlag. Durch diesen Verfahrensschritt lassen sich später neue Datensätze automatisiert prüfen und bereinigen. Die Methode hat ihren Schwerpunkt in der Bearbeitung dynamischer Datenbestände. Eine periodische Pflege und Erweiterung dieser Schlüssellisten ist daher unerlässlich.

Grundsätzlich können diese Schlüssellisten auch als Importfilter dienen. Über diesen Weg ließen sich zukünftige Fehleingaben vermindern und die Weitergabe plausibler Daten optimieren.

Über diese Funktion der Datenpflege hinaus beinhalten diese Schlüssellisten auch Zusammenfassungsvorschläge zu generalisierten bzw. aggregierten Kennzeichnungsvarianten. Dies erleichtert später das Auslesen der harmonisierten Daten in verschiedene Zielniveaus.

3. Plausibilitätsprüfung der HSK_E (Stufe 3)

In einem dritten Teilschritt erfolgt die eigentliche Plausibilitätsprüfung der Horizont-Substrat-Kombinationen. Hierzu werden die Eingangsdaten (2Grunddaten, →Abbildung 36) mit den Reinschlüssellisten (Liste_Horizont, Liste_Substrat) über die HSK_E verknüpft und auf ihre inhaltliche Korrespondenz zueinander abgeprüft (Liste_HSK_E). Die Liste_HSK_E umfasst im Unterschied zu den Korrekturschlüssellisten nur inhaltlich akzeptierte Horizont-Substrat-Kombinationen. Wurden bisher Horizont und Substrat separat betrachtet, so erfolgt nun eine gemeinsame Bewertung. Dies hat zur Folge, dass mitunter die Kennzeichnung von Horizont bzw. Substrat für sich genommen zwar plausibel scheint, sich aber in der Kopplung zu einer HSK als nicht plausibel herausstellt (z.B. Ahe: gmc(Mg), versauerter Horizont mit kalkhaltigem Substrat).

Unplausible Datensätze, die z.B. durch das Fehlen von Referenzkriterien nicht zu korrigieren sind, müssen verworfen werden. Dieser Schritt führt damit auch zu einer Reduzierung des betrachteten Bestandes an horizontbezogenen Eingangsdaten (9,4 %), da nur formal plausible HSK_E im methodischen Ablauf weitergegeben werden.

Es bleibt aber festzustellen, dass auch die überprüften Daten nicht gänzlich fehlerfrei sind. Die Plausibilitätsprüfung bezieht sich auf eine regelgerechte Anwendung der systematischen Kennzeichnungsvorschriften. Eine erweiterte Plausibilitätsprüfung muss auch den Abgleich mit analytischen Parametern vorsehen. Dieser Schritt erfolgt bei der statistischen Bewertung der HSK_Z, da sich dann auch Ausreißer oder Anomalien besser identifizieren lassen.

Liegen keine oder nur wenige gemessene Werte vor (z.B. bei kartierbegleitenden Sondierungen), gewinnen beschreibende Parameter, wie hydromorphe oder sonstige pedogene Merkmale an Bedeutung für die Plausibilitätsprüfung. Die Aufnahmeintensität besitzt damit einen direkten Einfluss auf das qualitative Ergebnis einer Plausibilitätsprüfung. Problematisch ist jedoch, dass die Aufnahmeintensität (→4.2 Mindestdatensätze) und das Analysenspektrum weder innerhalb eines Datenbestandes, noch zwischen den Datenbeständen konsistent ist. Gleiches trifft für eine Reihe weiterer profil- oder horizontbeschreibender Parameter zu (→Tabelle 9). Sie haben alle, wenn auch in un-

⁵² I.d.R. Substratarten-Gruppen und Substratunterarten-Untergruppen

terschiedlicher Weise, Einfluss auf die Gültigkeit bzw. Wertigkeit der zu bewertenden Datensätze (→Tabelle 14). Der Rolle von Wertigkeitsfaktoren soll im Folgenden nachgegangen werden.

Tabelle 14: Einflussgrößen zur Plausibilitätsprüfung

Einflussgrößen	Ursache
Aufnahmeintensität/-art	Unterschiede in Horizontmächtigkeiten zwischen Aufnahmeintensitäten (Peilstangensondierung und Schürfe)
Profilüberprägung	Unterschiede in Schichtmächtigkeiten (z.B. Kappungsfälle)
systematisches Erhebungsniveau	Differenzierungsgrad in Kennzeichnung, damit Auswirkungen auf Horizont- und Schichtmächtigkeiten
Bearbeiter	Kenntnisstand und Differenzierungsgrad in der Ansprache, Anzahl der erhobenen Merkmale
Nutzung	Unterschiede in Horizontmächtigkeiten (notwendig bei Verknüpfung mit Analysedaten)
Analysedaten	Einschränkungen in der Plausibilität der Analysedaten zur Beschreibung von Horizont- und / oder Substrat, unterschiedliche Analysemethoden

5.2.4 Rolle von Wertigkeitsfaktoren

Das Arbeiten mit heterogenen Datenbeständen und deren unterschiedlichen Datenqualitäten lässt die Frage aufkommen, inwieweit alle Eingangsdaten gleichgewichtig in die Auswertung eingehen können und in welchem Umfang sie das Ableitungsergebnis beeinflussen dürfen. Mit der Vergabe von Wertigkeitsfaktoren besteht die Möglichkeit, die Gültigkeit von Daten zu attribuieren um sie in der Bewertung methodisch berücksichtigen zu können.

Die Notwendigkeit, diese Problematik zu behandeln, ergibt sich aus der Heterogenität innerhalb der Eingangsdaten. Diese bestehen, zumindest was die mit Analysedaten belegten Profil- und Horizontdaten betrifft, zu 55 % aus Alt- bzw. Fremddaten (→Abbildung 12). Im Falle, dass alle Daten gleichgewichtig eingehen, würde das Ableitungsergebnis maßgeblich von den Alt- und Fremddaten beeinflusst, die ihrerseits oft mit einem größeren Harmonisierungsgrad bzw. -aufwand behaftet sind. Für einige Parameter (z.B. pH-Wert) unterscheiden sich die Mediane zwischen den einzelnen Datenbeständen (→Abbildung 37).

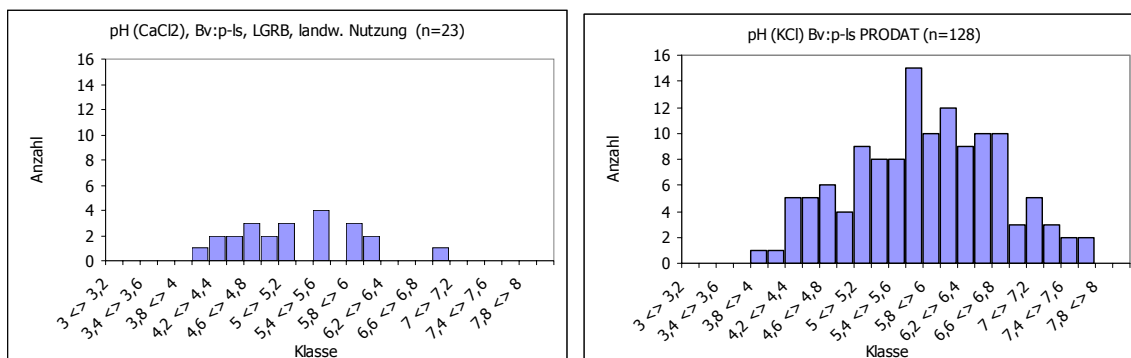


Abbildung 37: Vergleich der pH-Werte für die HSK_E Bv:p-ls(Sp) aus den Beständen LGRB ($\tilde{x}_{pH_{CaCl_2}} = 5,1$) und PRODAT ($\tilde{x}_{pH_{KCl}} = 5,8$)

So ist der mittlere pH-Wert (Median) von Bv-Horizonten in Geschiebedecksanden (landwirtschaftliche Nutzung) für die eigenen Daten (LGRB) niedriger ($\tilde{x}_{pH_{CaCl_2}} = 5,1$; n=23) als für die PRODAT-

Werte ($\tilde{x}_{pHKL} = 5,8$; $n=128$). Da es i. d. R. nicht zu einer Klassenüberschreitung kommt, sind pH-Werte aus den verschiedenen Quellen zwar vergleichbar, dennoch verschiebt sich für das Beispiel der Bv-Horizonte (→Abbildung 37) der Median vom unteren zum oberen Klassenrand (s3 [mittel sauer] = pH 5-6). Der Median des Gesamtdatenbestandes liegt für das Beispiel bei $\tilde{x} = 5,8$ ($n=217$). Problematischer ist die Bewertung der Vergleichbarkeit von HSK_Z, die weniger gut mit Analysendaten belegt sind (z.B. HSK anthropogen geprägter Profile).

Grundsätzlich besteht ein direkter Zusammenhang zwischen Datenqualität (Herkunft Eingangsdaten) und Ableitungssicherheit. Eine Konzentration einzig auf die qualitativ referenzierten Daten ist aufgrund der geringen Datendichte und des großen abzudeckenden Variantenspektrums nicht möglich.

Weitere Fragen stellen sich in der Bezugsbasis von Wertigkeitsfaktoren:

- Inwieweit können sie sich auf komplette Datenbestände oder nur selektiv auf Teilmengen (Bearbeiter oder einzelne Parameter) beziehen ?
- Besteht eine Abhängigkeit vom jeweiligen Ableitungsziel ?
- Gelten die Wertigkeitsfaktoren für einen Datensatz über alle Ableitungsziele hinweg, oder sind sie für das jeweilige Ableitungsziel zu modifizieren?

Dynamische Datenbestände erschweren das Festsetzen von Wertigkeitsfaktoren, da sich Inhalte, Qualitäten Analysemethoden und gegebenenfalls auch die systematischen Kennzeichnungssysteme zwischen verschiedenen Abfragezeitpunkten ändern oder verschieben können.

Die Ableitungsmethodik wurde zunächst darauf orientiert, nur die einzelnen Datenbestände mit Wertigkeiten zu attributieren. Die Festsetzung der Wertigkeiten erfolgt über die Kriterien Datencharakter, Aufnahmeintensität und Harmonisierungsgrad (→Tabelle 15).

Tabelle 15: Einflussgrößen für Wertigkeitsfaktoren

Wertigkeitsfaktoren	Einflussgrößen
Produzent-(in)	Bearbeitereffekt, subjektive Ansichten
Regionalität	Klima, morphologische Position
Datencharakter	Fremd- oder Altdaten
Profilanomalie	anthropogene Beeinflussung
Aufnahmeintensität	Peilstangensondierung, Profilaufnahme, Parameterspektrum
Harmonisierungsgrad	Ferne oder Nähe der Eingangsdaten zur Zielsystematik/-niveau

Die anderen Kriterien haben einen fakultativen Filtercharakter und sind bei einem ausreichenden Abfrageumfang mit in die Bewertung einzubeziehen. Eine obligate Einbindung aller Wertigkeitskriterien erschien aufgrund der Komplexität ihrer Quantifizierung (Bearbeiteraspekt) sowie des Datenumfanges (Regionalität) nicht sinnvoll. Das Kriterium Profilanomalie kann sich zudem nur auf den Einzeldatensatz und nicht auf die Datengruppe beziehen und hat daher nur einen fakultativen Filtercharakter.

Der numerische Ansatz zur Festsetzung der Wertigkeiten von Datenbeständen erfolgt über Zuschläge in 0,5er Stufen auf den angenommenen Grundwert von 1 und ist in Abhängigkeit der erfüllten Qualitätskriterien zu vergeben (→Tabelle 16).

Tabelle 16: Wertigkeiten der Datenbestände (Wertigkeitsfaktoren)⁵³, eingebundene Datenbestände sind hinterlegt

Wertigkeitsfaktoren Eingangsdatenbestand		Grundwert	Datencharakter	Aufnahmeintensität	Harmonisierungsgrad	Analysendatensätze	Regionalität	Profilanomalie	Wertigkeit
eingebundene Eingangsdaten	LGRB (Profile)	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	(0,5)	3,5
	LGRB (Sondierungen)	1	0,5	0	0,5	0	(0,5)	(0,5)	2
	PRODAT	1	0	0,5	0,5	0,5	(0,5)	(0,5)	2,5
	HU Projekt	1	0	0,5	0,5	0,5	0	(0,5)	2,5
	Projekt Schöneiche	1	0	0,5	0	0,5	0,5	(0,5)	2,5
	C&E (Kippen)	1	0	0,5	0	0,5	0	0	2
	ZALF	1	0	0	0,5	(0,5)	0,5	0	2
	Projekt Fläming	1	0	0,5	0,5	0,5	0,5	(0,5)	3
	Projekt Uckermark	1	0	0,5	0,5	0	0,5	(0,5)	2,5
	LUA Aue	1	0	0	0	0,5	0	0	1,5
potenzielle Eingangsdaten	LUA BDF	1	0	0,5	0	0,5	0	0,5	2,5
	SEB	1	0	0,5	0	0	(0,5)	(0,5)	1,5
	MSU	1	0	0,5	0	0,5	(0,5)	0	2
	Projekt Gorleben	1	0	0,5	0	0,5	0,5	0	2,5
	Projekt Geochemie	1	0	0,5	0	0,5	(0,5)	(0,5)	2
	Projekt Moore	1	0	0,5	0	0	(0,5)	(0,5)	1,5
	BZE	1	0	0,5	0	(0,5)	0,5	(0,5)	2
	Vergleichsdaten (Literatur)	1	0	0,5	0	0,5	0	0	2

Aufgrund der hohen inhaltlichen Reproduzierbarkeit besitzen die eigenen Profildaten die höchste Wertigkeit. Die Daten der PRODAT, sowie die Fremddatenbestände: HU Projekt, Projekt Schöneiche, Projekt Fläming und Projekt Uckermark können ebenfalls als wertvoll eingestuft werden, da sie auf dem Erhebungsstandard der KA4 (AG BODEN 1994) beruhen und mit vergleichbaren Analysendaten bestückt sind (→Abschnitt 4.4, Tabelle 12). Die Bestände ZALF sowie C&E (Kippen) und LUA Aue zählen zwar auch zu den eingebundenen Eingangsdaten, stehen aber aufgrund fehlender Analysendatensätze bzw. unvollständig dokumentierter Profilbeschriebe in ihrer Wertigkeit etwas zurück.

Auf die Gründe, weshalb die potenziellen Eingangsdaten gegenwärtig nicht in die Ableitungs routinen implementiert werden können, wurde bereits im Abschnitt 4.2 eingegangen. Unabhängig davon besitzen sie dennoch ihre Funktion als Vergleichsdaten.

5.3 Inhaltliche Generalisierung und Aggregation

Die inhaltliche Datenaggregation bzw. -generalisierung setzt auf die Methodenschritte 5.2.1 bis 5.2.4 auf. In welchem Umfang diese Teilschritte zur Anwendung kommen, hängt direkt vom zu charakterisierenden Zieldatenbestand und indirekt vom Zielmaßstab ab. So wird für die flächenbezogenen Ableitungen aus einer BK 50 ein anderer Generalisierungsgrad anzustreben sein, als für eine BÜK 200 oder BÜK 300. Grundsätzlich muss zwischen den Instrumenten der Generalisierung und denen der Aggregation unterschieden werden.

⁵³ Die Erläuterung der Abkürzungen zu den Eingangsdatenbeständen erfolgte bereits im Kapitel 4 (4.2)

Unter **Generalisierung** wird im Sinne der Fragestellung das Verallgemeinern durch das Weglassen von subdominierenden Merkmalen verstanden. Die Regeln hierfür werden weitgehend durch die Kategorien der aktuellen Boden- und Substratsystematik vorgegeben.

Die **Aggregation** meint das Zusammenfassen durch Gruppenbildung. Das schließt gegebenenfalls auch die Gruppierung verschiedener systematischer Kategorien bei entsprechender Merkmalsverwandtschaft ein. Als ein Beispiel für eine derartige Gruppenbildung kann die Hauptbodenform i.S. von LIEBEROTH et al. (1967) bzw. LIEBEROTH et al. (1991) angesehen werden.

Für die inhaltliche Datenaggregation bzw. –generalisierung ist von Bedeutung, wie abstrakt oder spezifisch eine Flächenbodenform und die sie beschreibenden Horizont-Substrat-Kombinationen sein sollen. In diesem Zusammenhang ist von Interesse, welche Kennzeichnungsmerkmale als bewertungsrelevant gelten und welche Merkmale vernachlässigt werden können, ohne die prinzipiellen Horizonteigenschaften zu ignorieren.

Von Bedeutung ist weiterhin, wie aussagesicher eine Flächenbodenform, inklusive ihrer HSK_Z, sein muss (Anspruch) bzw. sein kann (Realität) und inwieweit die Aussagesicherheit für diese Kategorien quantifiziert werden kann.

5.3.1 Ebene Profilkennzeichnung

Das boden- und substratsystematische Niveau der Profilkennzeichnung wird maßgeblich durch die Zielkategorie Flächenbodenform vorgegeben. Eine Aggregation bzw. Generalisierung auf dieser Ebene wäre für den Ansatz Punktbodenform = Flächenbodenform anzustreben (→2.4.5). Eine Verknüpfung von Punkt- und Flächenbodenform auf dieser Ebene ist in der entwickelten Methode im engeren Sinn nicht vorgesehen, da hier die inhaltliche Beschreibung der Flächenbodenform direkt über die aggregierten Horizont-Substrat-Kombinationen (HSK_Z) erfolgen soll. Eine Generalisierung der Punktbodenformen auf der Ebene der boden- bzw. substratsystematischen Profilkennzeichnung ist daher nicht notwendig. Für die Kriterien Nutzung und Substratschichtung wird aber eine profilbezogene Abhängigkeit in der Merkmalsausprägung angenommen. Daher werden für alle Profildatensätze Nutzungstypen und Schichtungstypen abgeleitet. Innerhalb der Methode besitzen beide Angaben den obligaten Status von Datenfiltern.

5.3.1.1 Nutzungstypen

Für die **Nutzungstypen** werden die Angaben aus dem Feld 19 Nutzungsart (KA4) drei übergeordneten Flächennutzungstypen zugeordnet. Neben den Typen landwirtschaftliche (L) und forstwirtschaftliche Nutzung (F) können die Profile einer anthropogen bedingten „Profilanomalie“ einem „anthropogenen Typ“ (A) zugewiesen werden. Änderungen ergeben sich mit der Einführung der KA5 (AG BODEN 2004), die zur Klassifikation der Nutzungsarten mit CORINE Land Cover⁵⁴ (STATISTISCHES BUNDESAMT 1997) auf ein anderes System stützt.

Für den Nutzungstyp landwirtschaftliche Nutzung wurden Acker- und Grünland sowie vergleichbare Nutzungen aus den Nutzungsartengruppen Ödland bzw. sonstige Nutzung zusammengefasst (→Anlage Tabelle 8). Die Gruppierung der Nutzungsarten zu Nutzungstypen war notwendig, um den Datenbestand nicht schon auf dem Niveau der Profilkennzeichnung zu sehr aufzuspalten, zumal noch weitere, differenzierende Datenfilter in den Ableitungsroutinen berücksichtigt werden müssen. Eine stärkere Untergliederung erschien zudem mit dem Blick auf den Zieldatensatz BÜK 300 als nicht sinnvoll.

Für Profildatensätze ohne angegebene Nutzungsart erfolgte die Informationsermittlung über die Abfrage aktueller topografischer Daten (z.B. ATKIS, AdV 2004), das Klassenzeichen der Bodenschätzung oder die Horizontabfolge (Auflagenhorizonte). Im weiteren bieten sich die Daten der Biotoptypenkartierung an. Sie haben den Vorteil, dass sie i.S. von dynamischen Daten laufend gehalten werden. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass die Biotoptypen einem anderen Klassifikationsschema folgen.

⁵⁴ CoORDinated Information on the Environment

5.3.1.2 Schichtungstyp

Die **Schichtungstypen** (→Abbildung 38) entsprechen generalisierten bzw. aggregierten substratsystematischen Einheiten i.S. von Band 86. Basierend auf der Kenntnis, dass Substratart, Substratartenabfolge sowie deren Mächtigkeit(-en), Einfluss auf die Ausprägung der Horizontmächtigkeiten und deren Horizonteigenschaften haben, ist eine profilbezogene Berücksichtigung der Substratanlagen unerlässlich.

Um eine sinnvolle profilübergreifende Auswertung zu ermöglichen, ist eine über die substratsystematischen Kategorien (AK BODENSYSTEMATIK 1998) hinausgehende Zusammenfassung notwendig. So kommen bei den derzeit betrachteten ≈6200 Profildaten über 3500 verschiedene substratsystematische Einheiten zusammen. Die Ursachen für diese große Anzahl liegen in der inventarbedingten Variantenvielfalt der Bodendecke, in bestehenden Kennzeichnungsfehlern oder -lücken (Ausgangsgesteine), vor allem aber in systematischen Niveauunterschieden innerhalb der Eingangsdatenbestände (→Kapitel 4) begründet. Auch eine Niveauharmonisierung auf das Substrattypenniveau (AK BODENSYSTEMATIK 1998) führt noch zu über 1000 verschiedenen substratsystematischen Einheiten. Trotz dieser starken Generalisierung der Inhalte verbleibt ein noch zu breites Spektrum mit einer zu geringen Belegungsdichte. Die Flächenbodenformen des Zieldatensatzes (BÜK 300) umfassen z.Z. 216 verschiedene substratsystematische Einheiten (Typenniveau).

Abweichend zu den Regelungen im Band 86 (AK BODENSYSTEMATIK 1998) werden die definierten Tiefenstufen zur Typisierung nicht in direkter Weise verwendet. Die Modifizierung dehnt die Berücksichtigung von standortrelevanten Substraten auch auf die Tiefenstufe >1,2 dm aus (z.B. tiefehmunterlagerte Sandstandorte). Diese Abweichung zur geltenden Substratsystematik begründet sich durch den Umstand, dass die Flächendaten (z.B. BÜK 300) i.d.R. die Bodendecke der ersten zwei Meter unter GOF zu beschreiben haben.

Die Zusammenfassung erfolgt in zwei Stufen (→Abbildung 38). Zunächst wird die Substratartenabfolge auf die zwei dominierenden Substratarten, unter Bewertung des gesamten Aufnahmebereichs von 2 m unter GOF⁵⁵, reduziert (**Schichtungstyp 1**).

In der zweiten Stufe werden nur noch die oder das dominierende(n) Substrat(e), ohne den konkreten Tiefenstufenbezug berücksichtigt (**Schichtungstyp 2**).

Die Varianten der Schichtungstypen einschließlich ihrer substratsystematischen Bezüge (Eingangsdaten) werden in einer Schlüsselliste dokumentiert. Die Liste der Schichtungstypen besitzt einen offenen Charakter, da mit einer neuen Datenabfrage i.d.R. auch neue Schichtungstypen hinzu kommen. Die betreffende Schlüsselliste muss daher auch in die Routinen der Datenpflege eingebunden werden.

⁵⁵ Geländeoberfläche

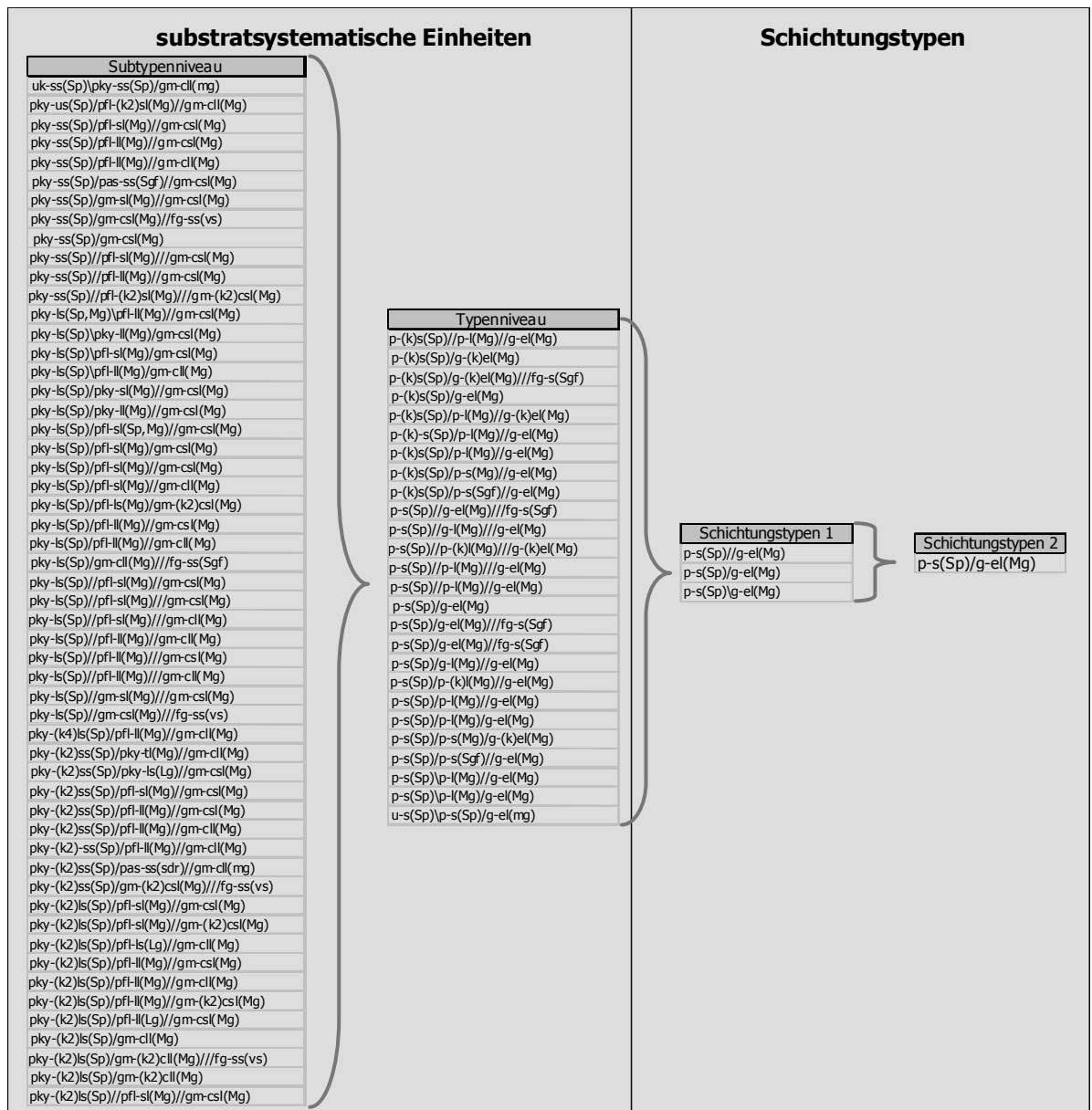


Abbildung 38: Aggregation von Schichtungstypen

5.3.2 Ebene Horizontkennzeichnung

Die Horizontdatenebene bildet den Schwerpunkt der methodischen Überlegungen zur Ableitung von flächenbezogenen Profildaten. Wie im Abschnitt →4.2.1. beschrieben, beträgt das derzeitige Grunddateninventar ca. 30 000 Horizontdatensätze. Dieses Inventar gilt es, in eine auswertbare Form zu transferieren. Das schließt neben der Datenharmonisierung (→5.2.2) und Plausibilitätsprüfung (→5.2.3) auch eine Generalisierung und Aggregierung der Eingangsdaten auf das angestrebte Zielniveau (z.B. BÜK 300) ein. Die Notwendigkeit der letztgenannten Teilschritte ergibt sich aus dem Variantenumfang der Eingangsdaten ($x_{HSKE}=6547$). Die Anwendung von Instrumenten zur Generalisierung und Aggregierung von Horizontdaten setzt eine klare Definition der **inhaltlichen Kennzeichnungsprinzipien der Zielkategorie**, also der Horizont-Substrat-Kombination der Flächenbodenform und der **Aggregierungs- und Generalisierungsziele** voraus.

Inhaltliche Kennzeichnungsprinzipien

Bei der pedogenetischen Kennzeichnung der Horizontabfolgen einer Flächenbodenform wird mit maximal zwei Hauptsymbolen gearbeitet. Dies folgt dem Gedanken, dass es sich bei den FBF um idealisierte und somit auch um inhaltlich aggregierte Bodenformen handelt (HANNEMANN et al. 1999). Wie in der Punktdatenanalyse beschrieben (→4.3), geht das systematische Darstellungsprinzip in den Horizontfolgen der PBF (Eingangsdaten) oft über zwei Hauptsymbole, verbunden mit einer Vielzahl von vor- und nachgestellten Symbolen, hinaus. Dies führt zu einer extremen und schwer zu bewertenden Variantenvielfalt ($x=2361^{56}$).

Die Substratkennzeichnung der Zieldaten erfolgte auf dem Niveau der Substratartengruppe (→Substrattyp). Abweichungen zu den systematischen Regeln i.S. von Band 86 (AK BODENSYSTEMATIK 1998) ergaben sich durch substratbedingte Besonderheiten Brandenburgs. So wurde die Bodenartenhauptgruppe Sand in die Bodenartengruppen Reinsand und Lehmsand differenziert. Die Schluffe wurden den Lehmsanden zugeordnet. Die Kennzeichnung der äolischen Sedimente erfolgte ebenfalls auf dem Substratgruppenniveau. Eine weitere Differenzierung war innerhalb der fluviatilen Sedimente notwendig. Hier erfolgte die Angabe der Substratgenese auf dem Niveau der Geneseuntergruppe (→Abbildung 39).

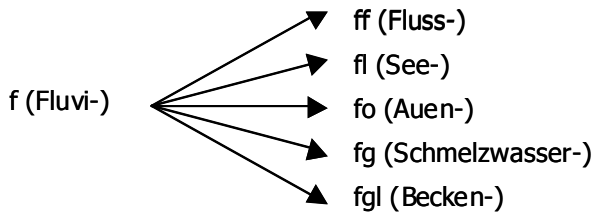


Abbildung 39: Substratgenesen der fluviatilen Sedimente (Band 86)

Aggregierungs- und Generalisierungsziele (Kriterien):

1. die Variantenanzahl zu bewertender HSK_E ist zu minimieren,
2. die mittlere Belegung pro Variante HSK_Z ist zu erhöhen,
3. die Schwelle von 20 Individuen pro Variante (HSK_Z) ist möglichst zu überschreiten,
4. der Informationsverlust innerhalb der Generalisierungs- und Aggregierungsschritte ist gering zu halten,
5. hoher Verknüpfungserfolg mit dem Zieldatensatz

Diese Aggregierungs- und Generalisierungsziele werden später als Prüfkriterien für den Aggregierungs- bzw. Generalisierungserfolg wieder herangezogen (→5.2.5.5). Der Umfang der zu charakterisierenden horizontbeschreibenden Daten für die Flächenbodenformen liegt mit 569 verschiedenen HSK_Z für die Gesamtliste und mit 371 HSK_Z für die prioritären Flächenbodenformen (→3.3.1.) deutlich unter der Variantenanzahl der Eingangsdaten (≈ 7900 HSK_E). Ziel der Generalisierungsschritte ist es, über das Angleichen des systematischen Niveaus einen möglichst großen Anteil der detaillierten Eingangsdaten für die Bewertung der abstrakteren Zieldaten tatsächlich zu berücksichtigen.

In der Regel wird die Niveauangleichung über das Anheben der systematischen Kennzeichnungsstufe der Eingangsdaten auf das der Zieldaten realisiert. Dies trifft auf die hier betrachtete Horizontdatenebene nur bedingt zu, da die Anzahl der verwendeten Haupt- und deren vor- bzw. nachgestellten Zusatzsymbole nicht direkt mit einem definierten bodensystematischen Niveau korrespondiert⁵⁷.

⁵⁶ Die Schlüsselliste für die Horizonte befindet sich im Anhang.

⁵⁷ Die KA5 führt hierzu Regelungen ein.

Die Generalisierung bedingt eine Reduktion der inhaltlichen Information. Sie muss unter Wahrung eines ausgewogenen Verhältnisses zwischen der Horizont- und der Substratkennzeichnung erfolgen. Das gilt insbesondere für sensible, merkmalsbestimmende Parameter, wie z.B. den Gehalt an organischer Substanz. Eine Abstraktion der Information kann daher nicht nur auf formal systematischen Kriterien basieren. Dies würde insbesondere bei Übergangs- und Verzahnungshorizonten nicht zu sinnvollen Generalisierungsergebnissen führen. Hier bleibt die Frage offen, ob der makroskopischen Merkmalsdominanz bei der Profilaufnahme auch bei der Beprobung Rechnung getragen wurde und ob sich die angenommene Merkmalsdominanz auch in den analysierten Stoffeigenschaften wiederfindet. BOUMA (1989) stellt aus diesem Grund taxonomische Einheiten als geeigneten Merkmalsträger in Frage. Dieses Problem besteht aber nicht nur für boden- und / oder substratsystematische Daten, sondern betrifft die bodenkundlichen Daten insgesamt.

An diesem Punkt setzen die Aggregierungsschritte an, in deren Verlauf auch merkmalsnahe HSK_E zu HSK_Z gruppiert werden können (→5.2.5.4).

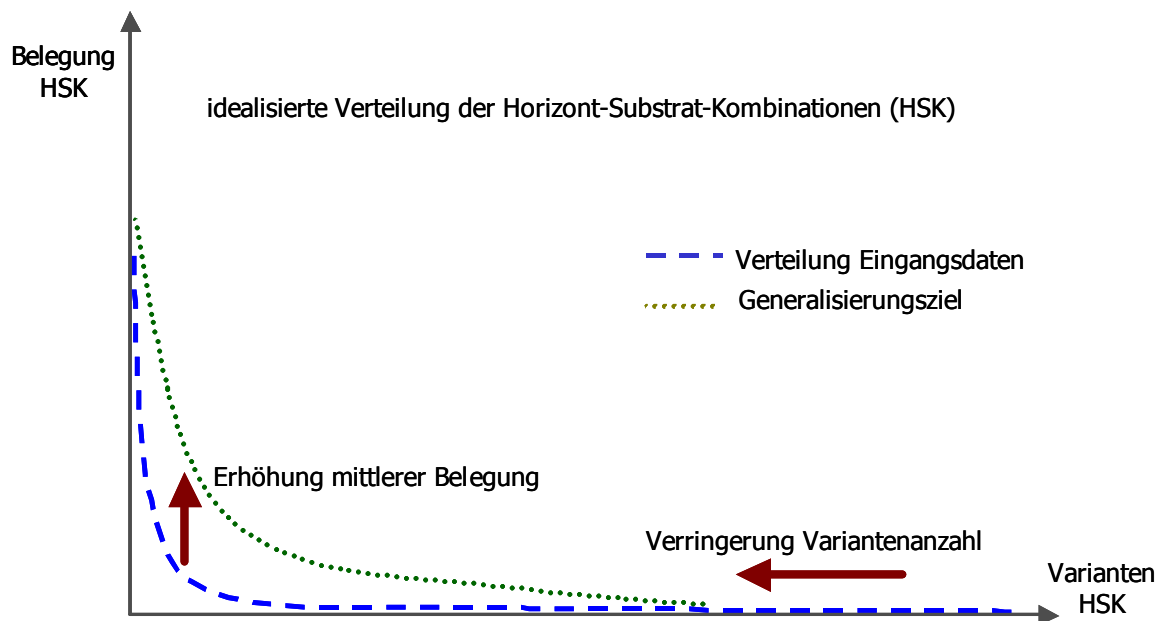


Abbildung 40: Idealisierte Darstellung des Ausgangszustandes (Eingangsdaten) und der Aggregierungs- und Generalisierungsziele für die HSK_E

Neben der Begrenzung des Variantenumfangs sollen die Methodenschritte dazu dienen, den Stichprobenumfang der einzelnen HSK_Z durch HSK_E zu erhöhen. Er sollte möglichst über 20 Individuen (HSK_E) pro HSK_Z liegen. Ein höherer Stichprobenumfang wäre aus statistischer Sicht anzustreben (SACHS 1997). Deren Realisierung ist aber auf Basis des aktuellen Datenhintergrundes und aus Sicht der gegenwärtigen finanziellen und personellen Möglichkeiten nur mittelfristig möglich. Die mittlere Belegungsdichte der HSK_Z liegt vor den Generalisierungs- und Aggregierungsschritten bei $\bar{X}_{(HSK_F)} = 3,7$ bzw. $\tilde{X}_{(HSK_F)} = 1$! Dieser Umstand unterstreicht die Notwendigkeit dieser methodischen Teilschritte, da sich nur auf der Basis der harmonisierten Eingangsdaten keine ausreichenden Stichprobenumfänge je HSK_Z bilden lassen.

Die programmtechnische Umsetzung der inhaltlichen Generalisierung der Horizontdatensätze erfolgt über verknüpfte Schlüssellisten. Unter Angabe des Zielniveaus, wie z.B. Generalisierungsstufe 1 (BK50) oder Generalisierungsstufe 2 (BÜK 200/300), können dann die generalisierten Daten abgefragt werden (→Abbildung 41). Auch hier ist eine periodische Aktualisierung der Schlüssellisten notwendig, um das sich erweiternde Spektrum der Eingangsdaten reflektieren zu können (→Harmonisierung).

Die Zusammenfassung der Horizontabfolgen der Eingangsdaten zu den abstrakteren Abfolgen der Zieldaten bedingt eine Reihe von Generalisierungseffekten. Diese bestehen neben der gewünschten Verringerung des Variantenumfangs an HSK auch in einer profilbezogenen Reduktion der Hori-

zontdatensätze selbst. Mitunter fallen verschiedene Horizonte durch eine generalisierungsbedingte Ähnlichkeit zusammen (→Abbildung 41). Dieser Prozess wirkt auch auf die Mächtigkeitsverhältnisse der generalisierten Horizontdaten und die zu bewertenden Stoffdaten zurück.

Die programmtechnische Anpassung und Neuberechnung der tiefen- und mächtigkeitsbezogenen Angaben für die generalisierten Horizontabfolgen wurde bewusst durch ein visual-basic-Programm (LANGNER & BAURIEGEL 2003) realisiert (→Anlage, Abbildung 1). Diese visual-basic-Skripte können variabel in die MS-Access-Umgebung implementiert und gegebenenfalls durch Dritte auch modifiziert werden (z.B. Regeländerungen). Die Generalisierung kann profilbezogen oder für den gesamten Datenbestand ablaufen.

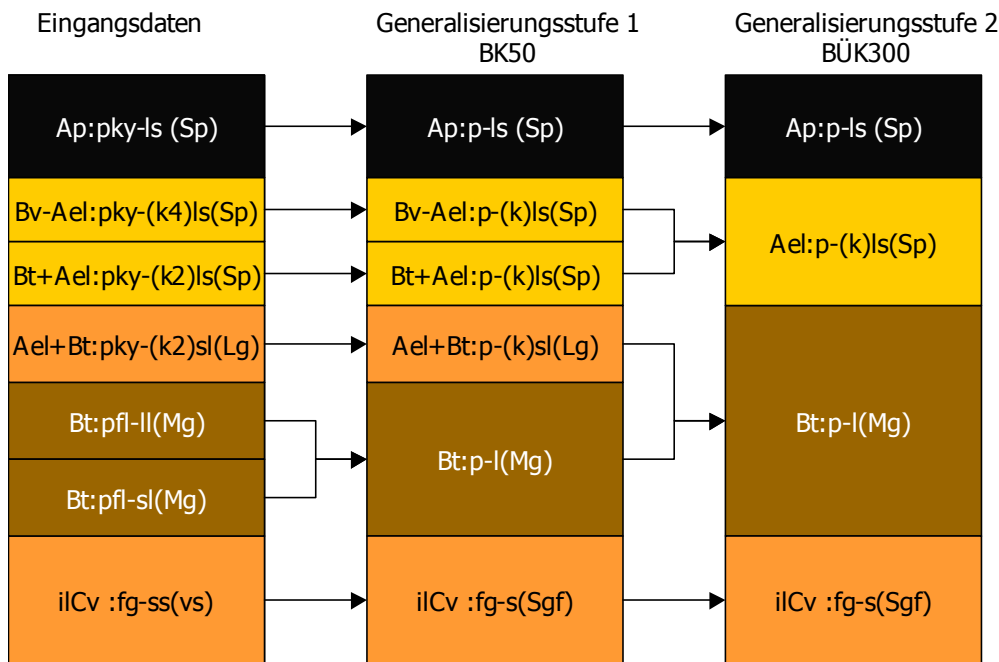


Abbildung 41: Generalisierungsbeispiel für eine Horizontabfolge

Die generalisierungsbedingte Reduzierung wirkt sich unterschiedlich auf die einzelnen Eingangsdatenbestände aus. Sie erreicht bei systematisch sehr detailliert aufgenommene Profildaten den größten Effekt. In Abhängigkeit vom Generalisierungsgrad verringert sich der Horizontdatenbestand um 4 bis 15 %. Werden die Eingangsdaten für den Zieldatensatz generalisiert, so beträgt die Reduzierung im Mittel -7,2 % (→Abbildung 42). Etwas stärker wirkt sich die Reduzierung auf die eigenen Profildaten (LGRBp) und der Projektdaten der HU Berlin aus. Die Sondierungsdaten (LGRBs) werden aufgrund ihres etwas abstrakteren Aufnahmeprinzips weniger stark reduziert.

Der Prozess dieser formal-bodensystematischen Profilgeneralisierung muss durchlaufen werden, bevor andere mittlere Angaben wie Horizontgrenzen oder Horizontmächtigkeit berechnet werden, da diese auf andere Auswerteparameter wie z.B. Stoffvorräte rückwirken.

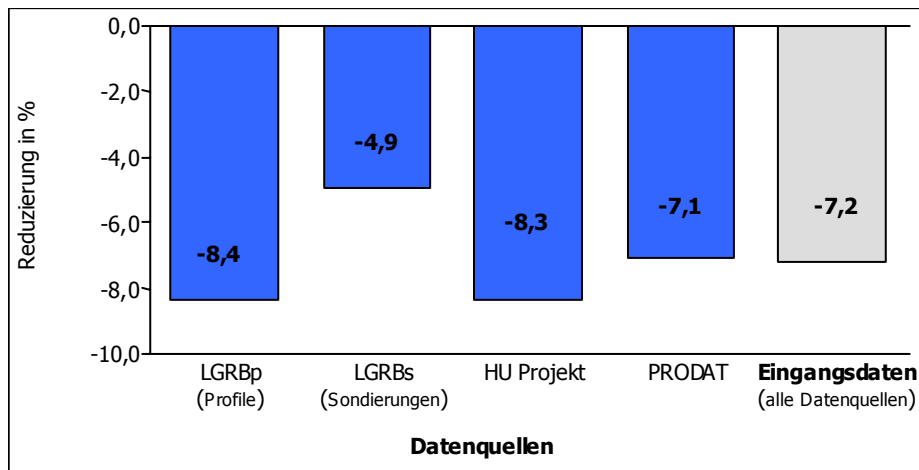


Abbildung 42: Generalisierungsbedingte Reduzierung der Eingangsdaten für den Zieldatensatz

5.3.2.1 Horizont-Substrat-Gruppen

Die Horizont-Substrat-Gruppen⁵⁸ entsprechen einem Aggregierungsprodukt aus verschiedenen Horizont-Substrat-Kombinationen. Die Horizont-Substrat-Gruppen fassen HSK_Z zusammen, die aufgrund ihrer genetischen Entstehung und ihrer stofflichen Zusammensetzung miteinander vergleichbare Eigenschaften besitzen, bei einem formal-bodensystematischen Generalisierungsprozess aber nicht in gleiche Gruppen fallen würden (z.B. Ael+Bt bzw. Bt+Ael).

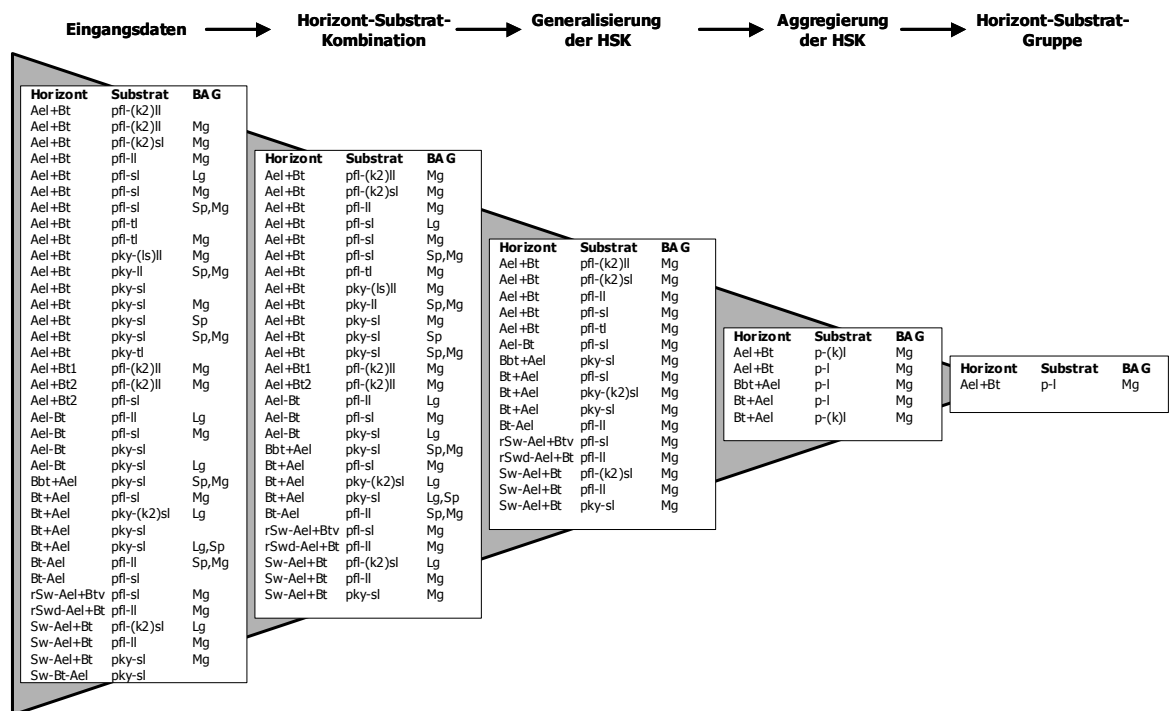


Abbildung 43: Beispiel für die Generierung einer Horizont-Substrat-Gruppe

Die Zugehörigkeit zu einer Horizont-Substrat-Gruppe (→Abbildung 43) muss folglich nicht vorder-

⁵⁸ Im Weiteren auch als HSG bezeichnet

gründig systematischer Natur, sondern kann auch merkmals- oder eigenschaftsbezogen sein. Die Zugehörigkeit einer HSK zu einer Horizont-Substrat-Gruppen besitzt keinen starren Charakter. Sie kann für die im Einzelnen abzuleitenden Merkmale bzw. für das Ableitungsziel speziell definiert werden (z.B. Horizontmächtigkeiten oder Stoffgehalte).

Die im Weiteren genutzten Horizont-Substrat-Gruppen sind mit der Zielkategorie der HSK_Z zur BÜK 300 abgeglichen. Auch hier erfolgt die Zuordnung über verknüpfte Schlüssellisten. Die Horizont-Substrat-Gruppen bilden demnach den Rahmen für die Horizont-Substrat-Kombinationen (HSK_Z).

5.3.2.2 Generalisierungsvarianten

Für die vorliegenden Daten wurden zunächst relativ formale Generalisierungsvarianten getestet (H0-H2, →Tabelle 17). Unter formaler Generalisierung wird hier das Ausdünnen der Kennzeichnungsinformation nach bodensystematischen Dominanzkriterien verstanden. Das Ausdünnen erfolgte sowohl für die bodensystematische, als auch für die substratsystematische Komponente der jeweiligen Horizont-Substrat-Kombination. Ein Beispiel dieses Generalisierungsverfahrens findet sich in der Tabelle 17. Die Horizontgruppen HG1 und HG2 entsprechen Aggregierungsvarianten, in denen merkmalsnahe Horizonte zusammengefasst wurden (z.B. Bbt+Ael und Ael+Bbt). Ähnlich wurde mit der Substratkomponente verfahren. Die Varianten S0 und S1 folgen den Regeln systematischer Generalisierung nach Band 86 (AK BODENSYSTEMATIK 1998). Die Varianten S2-S5 weichen hingegen geringfügig von der aktuellen Systematik der bodenbildenden Substrate (Band 86) ab und berücksichtigen stärker die Aggregierungsaspekte.

Tabelle 17: Generalisierungsvarianten (Beispiel)

Horizontvarianten			Substratvarianten		
Varianten	Kurzzeichen	Erläuterungen	Varianten	Kurzzeichen	Erläuterungen /Niveau
H0	<i>Sdw-Bbt-Ael</i>	Ausgangsvariante (Gesamthorizont)	S0	<i>pfl-(k2)ls (Lg)</i>	Substratart mit differenzierter Grobbodenangabe (Ausgangsvariante)
H1	<i>Bbt-Ael</i>	dominierendes + 1. subdominierendes Hauptsymbol	S1	<i>pfl-(k)ls (Lg)</i>	Substratart ohne differenzierter Grobbodenangabe
H2	<i>Ael</i>	dominierendes Hauptsymbol	S2	<i>pfl-ls (Lg)</i>	Substratart ohne Grobbodenangabe bei <25 Vol.%
HG1	<i>Bbt*Ael</i>	Horizontgruppe 1	S3	<i>p-(k)ls (Lg)</i>	Substratart mit Grobbodenangabe und generalisierter Substratgenese
HG2	<i>Bt*Ael</i>	Horizontgruppe 2	S4	<i>p-ls (Lg)</i>	Substratart ohne Grobbodenangabe und generalisierter Substratgenese
			S5	<i>p-s (Lg)</i>	Substratartengruppe

Die jeweiligen Varianten wurden im Modus „Jeder gegen Jeden“ getestet (→Abbildung 44) und anschließend hinsichtlich der erzielten Generalisierungseffekte bewertet. Die Ergebnisse dieses Verfahrens waren, mit Blick auf die Generalisierungsziele, weniger befriedigend (→ 5.2.5.5).

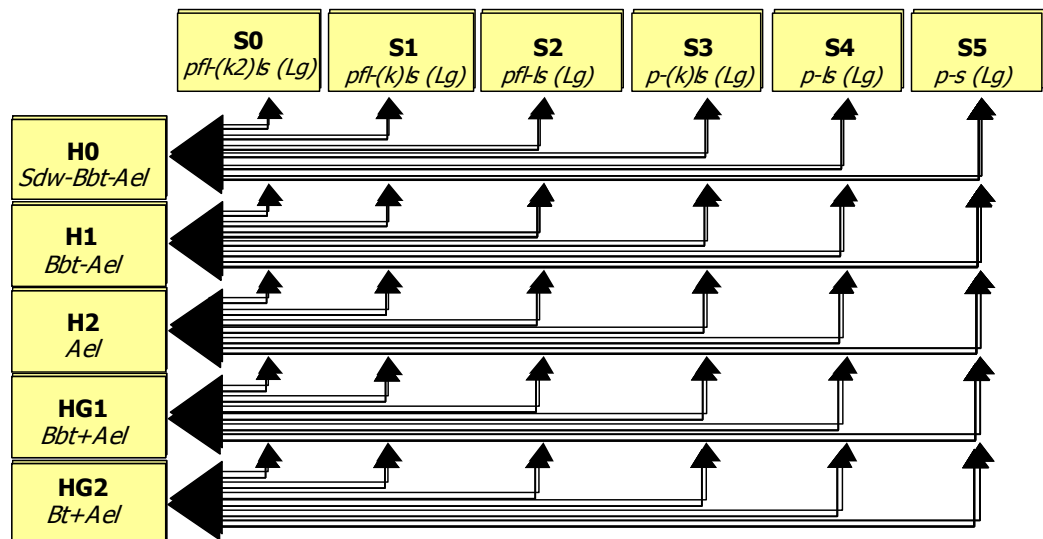


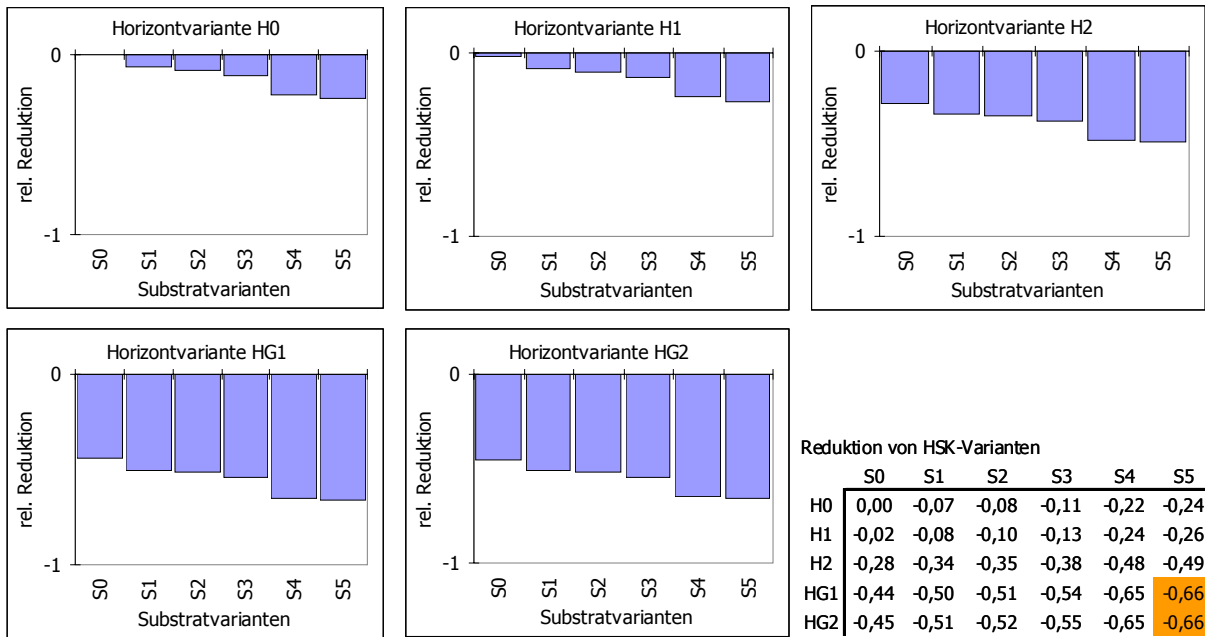
Abbildung 44: Verknüpfung der Generalisierungsvarianten

5.3.2.3 Generalisierungsergebnisse

Die Generalisierungsergebnisse sollen nachfolgend anhand der definierten Generalisierungsziele (→5.2.5.2) aufgezeigt und besprochen werden. Die Darstellung erfolgte aus Gründen einer variantenübergreifenden Bewertung für alle Generalisierungskriterien in relativer Form und auf Basis der Horizontvarianten. Der Ausgangszustand (Variante H0-S0) wurde auf den Wert 0 normiert. Alle positiven bzw. negativen Abweichungen von diesem Ausgangswert entsprechen relativen Abweichungen vom Ausgangszustand und sind damit ein Gradmesser für den erzielten Generalisierungseffekt.

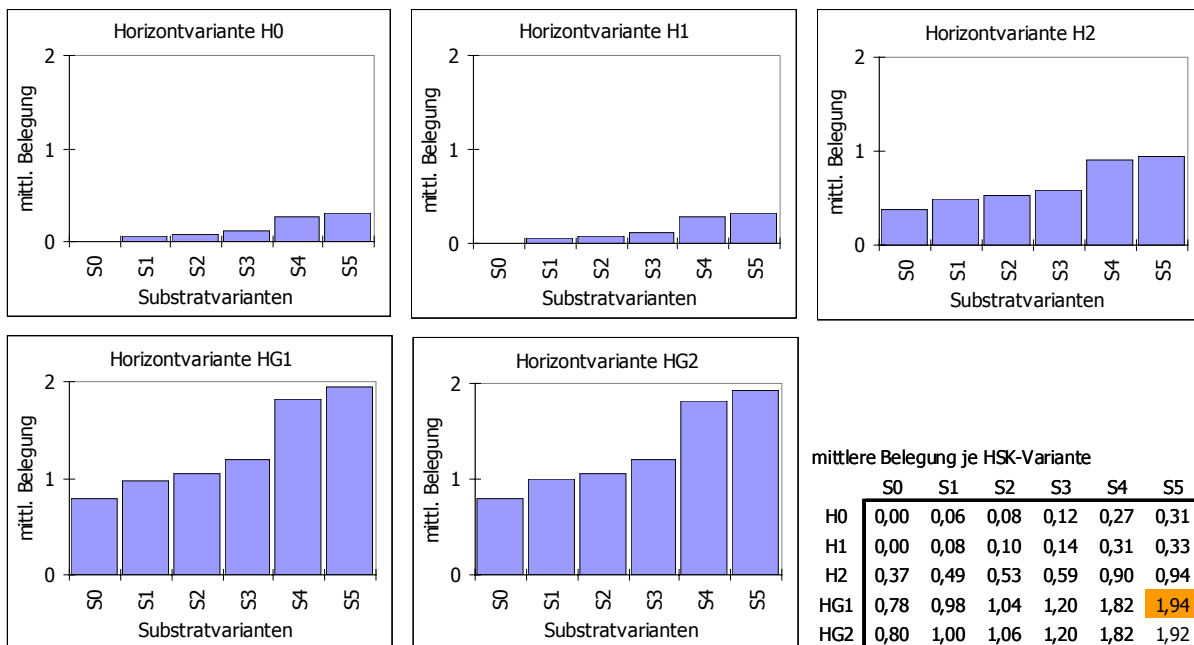
Kriterium 1: Reduzierung der Varianten an Horizont-Substrat-Kombinationen

Eine Reduzierung der Variantenanzahl (→Abbildung 45) lässt sich mit allen Generalisierungsvarianten erreichen. Sie fällt in den Varianten der Horizontgruppen (HG1, HG2) am deutlichsten aus. In diesen Varianten verringert sich die Anzahl verschiedener HSK_E auf fast ein Drittel (-66 %). Die Ursache hierfür liegt in der stärkeren Abstraktion der pedogenetischen Komponente der Horizont-Substrat-Kombination. Diese Komponente verursacht wie bereits erwähnt auch einen Großteil der Variantenbreite insgesamt. So kommt es in der Variante HG1-S0 bereits ohne eine Generalisierung des Substrates zu einer Variantenreduzierung von -44 %.

Abbildung 45 : Generalisierungsverlauf für das Kriterium Reduzierung der Anzahl an HSK_E-Varianten

Kriterium 2: Erhöhung der mittleren Belegungsdichte der HSK

Für dieses Kriterium zeigen sich ähnliche Tendenzen wie bei der Variantenreduzierung. Das Maß der Erhöhung ist bei den Horizontgruppen (HG1, HG2) mit am deutlichsten (→Abbildung 46). In der Betrachtung der absoluten Werte steigt die mittlere Belegung für die Horizontgruppen auf $\bar{x} = 16$ bzw. $\tilde{x} = 3$.

Abbildung 46 : Generalisierungsverlauf für das Kriterium mittlere Belegungsdichte je HSK_E-Variante

Allerdings sind diese Ergebnisse zunächst relativ formaler Natur, da sie sich auf den Gesamtdatenbestand beziehen. Sie beinhalten alle Fälle, auch jene, die für den Zieldatensatz nicht belegt werden müssen. Bereinigt man den Datenbestand auf das notwendige Spektrum des Zieldatensatzes, so lässt sich die Belegungsrate auf $\bar{x} = 42$ bzw. $\tilde{x} = 5$ erhöhen. Dennoch ist die Datendichte pro

HSK_E-Variante im Mittel (Median) relativ gering.

Kriterium 3: Anzahl von Horizont-Substrat-Kombinationen mit $n > 20$

Für das weitere Vorgehen entscheidender sind aber die Generalisierungsergebnisse für die HSK_E-Varianten mit einem Stichprobenumfang von $n_{\text{HSK}_E} > 20$ Individuen. So zeigt sich, dass eine Reihe von Generalisierungsvarianten keineswegs zu einer Erhöhung der Stichprobenumfänge aller notwendigen HSK_Z-Varianten (Zieldaten) führt. Lediglich die Variante der Horizontgruppe 1 (HG1) zeigt die gewollte Tendenz (→ Abbildung 47). In allen anderen Varianten bildet sich eine eher gegenläufige Tendenz ab, da hier die Einschränkung der Variantenzahl sich nur auf die schon gut belegten HSK_Z-Varianten positiv auswirkt. Die formalen Generalisierungsvarianten (H1, H2 und H3) wirken sich im Sinne der Erhöhung des Stichprobenumfangs nicht in der Breite aller HSK_Z, sondern nur auf spezifische HSK_Z aus.

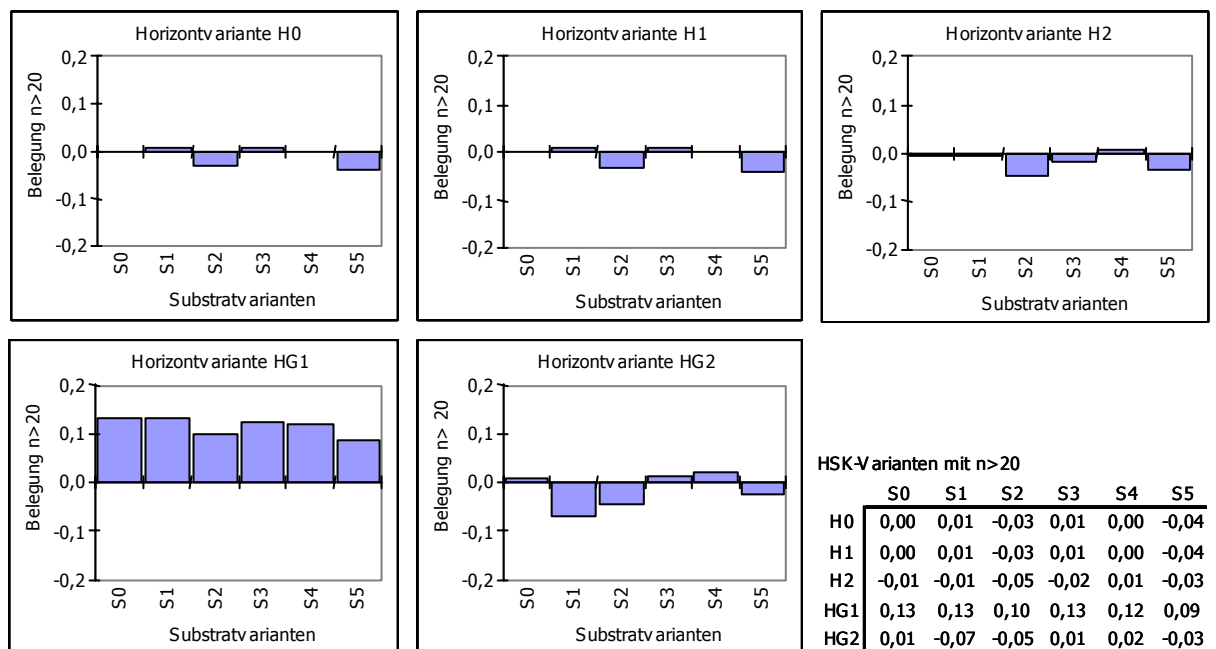


Abbildung 47: Generalisierungsverlauf für das Kriterium HSK_E Varianten mit Individuenanzahl $n > 20$

Die positive Tendenz für die Variante der Horizontgruppe 1 wird wiederum fast ausschließlich durch das Zusammenfassungsprinzip der pedogenetischen Komponente der HSK verursacht. Die unterschiedlichen Zusammenfassungsgrade des Substrates haben innerhalb dieser Variante kaum Einfluss. Dennoch kann der Generalisierungserfolg auch für die HG1 mit +13 % nur als mäßig bezeichnet werden. Insofern gibt dieses Kriterium auch Hinweise auf inhaltliche Defizite im bestehenden Datenfundus und gibt Schwerpunkte zukünftiger Datengewinnung vor.

Kriterium 4: Kennzeichnungsverhältnis Horizont/Substrat (Informationsverlust)

Die Notwendigkeit einer Variantenreduzierung ist offenkundig, sie ist aber immer mit einem Informationsverlust verbunden (BOUMA 1985). Für die spätere Bewertung der parameterbezogenen Variabilität und Aussagesicherheit einer Horizont-Substrat-Kombination ist die Kenntnis des generalisierungsbedingten Informationsverlustes hilfreich. Ein klares Ergebnis dokumentiert sich im Verhältnis Horizont- / Substratkennzeichnung als Indikator für den inhaltlichen Informationsverlust im Generalisierungsverlauf. In Abhängigkeit, wie viel verschiedene Horizont- bzw. Substratkennzeichnungen innerhalb jeder Generalisierungsvariante separat entstehen, verändert sich das relative Verhältnis der jeweiligen Umfänge zueinander. Dieses Kriterium ist zwar kein qualitatives Maß des Informationsverlustes, zeigt aber, welche Komponente der Horizont-Substrat-Kombination stärker (oder weniger) im Generalisierungsprozess beansprucht wurde.

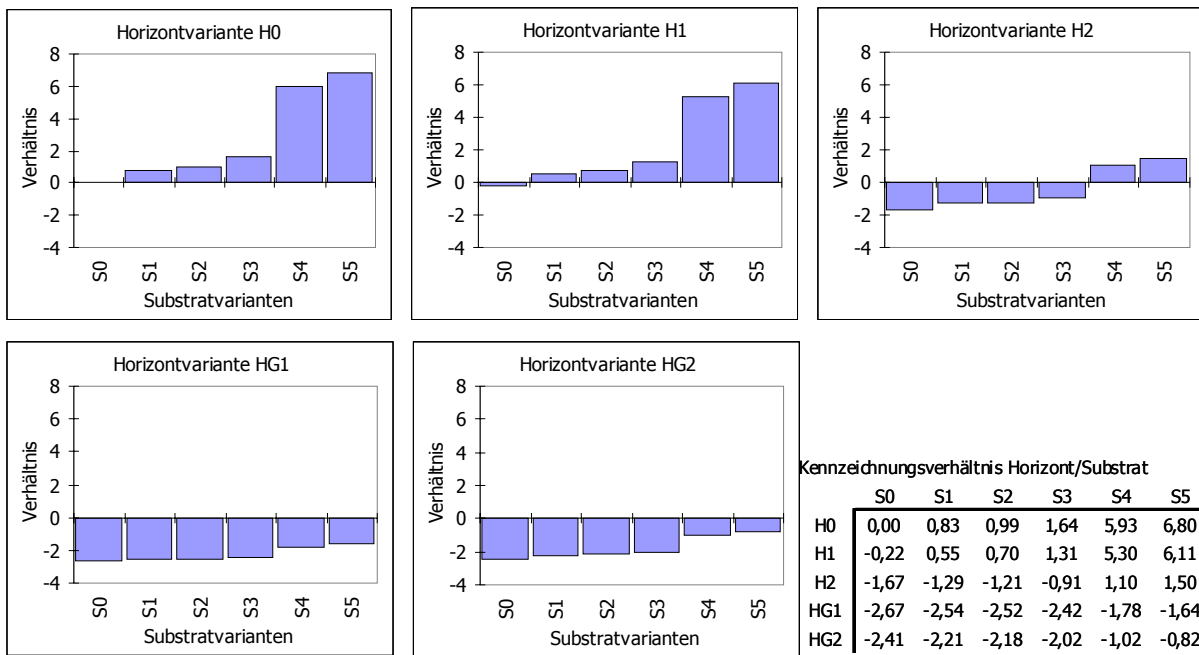


Abbildung 48: Relatives Verhältnis Horizont zu Substratkennzeichnung

Das Ausgangsverhältnis Horizont/Substrat innerhalb der harmonisierten Eingangsdaten (Variante H0-S0) befindet sich bei 2,9⁵⁹. Die inhaltliche Information ist also weitgehend durch die Horizontkennzeichnung bestimmt. Dieses Verhältnis gibt Anlass zur Diskussion, inwieweit dieses Informationsverhältnis für die Ableitung mittlerer stofflicher Eigenschaften tragfähig ist (BAURIEGEL 2001).

Mit jeder Generalisierungsvariante wird das Maß der Information in unterschiedlicher Weise ausgedünnt. Im Sinne des Kriteriums ist der Informationsverlust dann optimal, wenn sich das Verhältnis zwischen den beiden Komponenten nicht verändert. In diesem Fall erfolgt die Reduzierung der Information zu gleichen Teilen. Ausgehend von der Ausgangsinformation H0-S0 wird deutlich, dass bei den formalen Generalisierungsvarianten (H0 und H1) die Zusammenfassung stark zu Lasten der Substratinhalte verläuft (Weitung der Verhältnisse bzw. positive Abweichungen). Die Horizontgruppen-Varianten betonen daher eher die Substratkomponente. So verengt sich das Verhältnis in der Variante HG1-S4 auf 1,9 und entsprechen im Sinne der Aggregierungs- und Generalisierungsziele moderateren Verhältnissen.

Kriterium 5: Verknüpfungserfolg

Für die Fragestellung von besonderer Bedeutung ist der Verknüpfungserfolg der Generalisierungsergebnisse mit dem Zieldatensatz (Horizont-Substrat-Abfolgen der FBF zur BÜK 300). Die Prüfung des Verknüpfungserfolges wird über die Suche nach identischen Zeichenketten innerhalb der Datenbestände realisiert. Die niedrigen Werte für den Bereich H*-S1 bis H*-S3 sind eine Folge der unterschiedlichen systematischen Kennzeichnungsniveaus zwischen dem Eingangs- und dem Zieldatensatz. Folglich werden in diesen Varianten kaum Übereinstimmungen (identische Zeichenketten) gefunden, was sich in einem geringen Verknüpfungserfolg dokumentiert (→Abbildung 49). Die Variante HG1-S4 besitzt mit >70 % den größten Verknüpfungserfolg und entspricht am direktesten dem Zielniveau. Damit wird klar, dass die Grunddatenaufbereitung eine Kopplung aus Generalisierung und Aggregation (Gruppenbildung) realisieren muss, um den Zieldatensatz mit den notwendigen Stichprobenumfängen belegen zu können.

⁵⁹ Auf Basis der harmonisierten Eingangsdaten stehen 1765 verschiedenen Horizontkennzeichnungen 602 verschiedene Substratkennzeichnungen gegenüber (Stand 11/03).

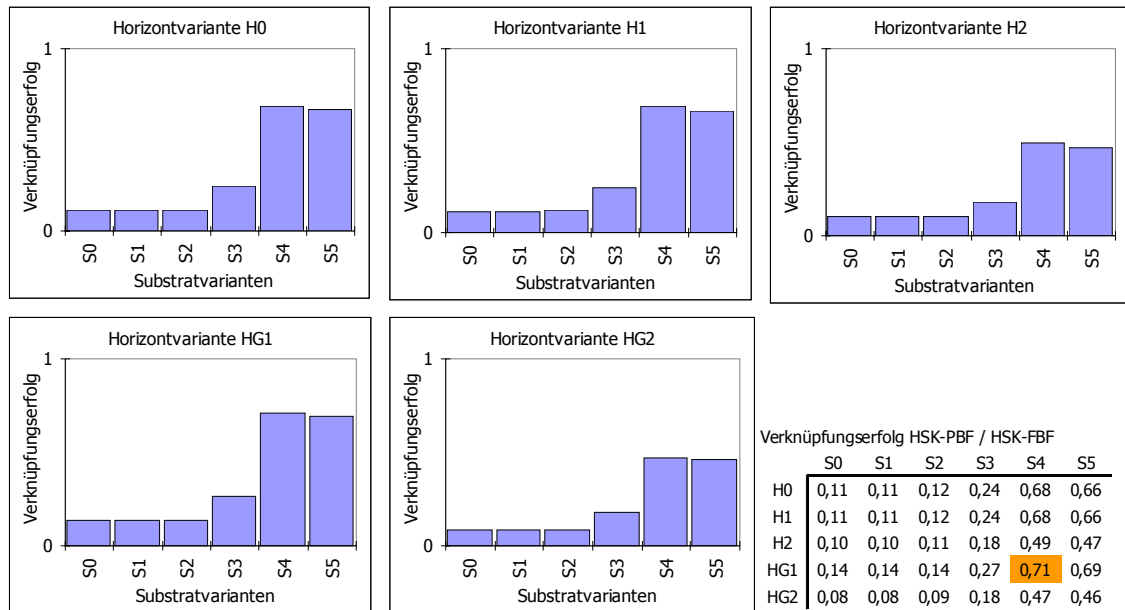


Abbildung 49: Verknüpfungserfolg (in %) zwischen Ausgangsdatensatz (HSK_E) und dem Zieldatensatz (HSK_Z)

Interessant ist zudem, dass innerhalb aller Horizontvarianten der Verknüpfungserfolg bis zur Substratvariante S4 ansteigt und sich in der S5 Variante wieder verringert. Für Letztere ist damit bezogen auf den Zieldatensatz das Optimum schon überschritten. In diesem Fall wurden die Daten schon zu stark generalisiert.

5.3.2.4 Flächenhorizont

Die bisher aufgezeigten Verfahren zur Datenvorbereitung und Generalisierung bzw. Aggregation erfordern einen erheblichen zeitlichen und personellen Aufwand. Da sie notwendigerweise auf weitgehend dynamische Datenbestände aufsetzen müssen, wird sich dieser Aufwand auch zukünftig nur bedingt reduzieren lassen. Dies rechtfertigt die Suche nach alternativen Ansätzen. So ist eine generalisierte Ansprache schon bei der Datengewinnung denkbar. Neben einer detaillierten Profilaufnahme, die auch für die Horizontebene ein Maximum an Information zu dokumentieren hat, sollte auch ein inhaltlich gestraffter Flächenhorizont beschrieben werden. Die Profilbeschreibung an sich schon mit weniger differenzierten Horizonten abzufassen, ist nicht anzustreben, da differenzierende Merkmalsangaben der Reproduzierbarkeit und Plausibilitätsprüfung dienen.

Der Flächenhorizont soll grundsätzliche und in der Fläche aushaltende Merkmale beschreiben sowie den konkreten Profilausschnitt mit der zu beschreibenden Fläche in Beziehung setzen. Aus den Flächenhorizonten lässt sich dann später über eine abstraktere Horizont-Substrat-Abfolge die flächenbeschreibende Bodenform ableiten.

Für die Ebene der Profilkennzeichnung existiert bereits mit der Hauptbodenformenliste (LIEBEROTH et al. 1991) ein vergleichbarer Ansatz.

Als Grundlage für die Flächenhorizonte kann die Liste der Horizont-Substrat-Kombinationen zur BÜK 300 dienen, die sich bei Bedarf (auch für andere Zielniveaus) modifizieren und erweitern lässt.

Ein Vorteil dieses Ansatzes wäre, dass die Abstraktion der Information auf ein Zielniveau schon bei der Profilaufnahme durch den (die) Kartierer(-in) selbst vorgenommen wird, was nachträgliche Interpretationsprobleme verringern würde.

Als nachteilig ist der etwas höhere Aufwand bei der Profilaufnahme anzusehen und dass die entsprechenden Zielniveaus im vorab definiert werden müssten.

5.4 Ableitungsregeln für Horizont-Substrat-Kombinationen (HSK_Z)

Die Kategorie der Horizont-Substrat-Kombination bildet die Kernkomponente innerhalb der Ableitungsmethode von flächenbezogenen Profil- und Horizontdaten. Für die Erschließbarkeit und die Reproduzierbarkeit der Ableitungsergebnisse bedarf es dokumentierter Ableitungsregeln. Diese haben zum Einen allgemeinen (grundsätzlichen) Charakter und zum Anderen behandeln sie spezielle Fragestellungen (Besonderheiten). Beides soll nachfolgend beschrieben und erläutert werden.

5.4.1 Allgemeine Ableitungsregeln

Die Eingangsdaten (HSK_E) entsprechen dem Segmentierungsprodukt aus allen betrachteten Profildatensätzen. Alle Eingangsdaten müssen zunächst auf ihre Methodentauglichkeit (→5.2.*) überprüft werden. In Abhängigkeit ihrer Plausibilität, Datenqualität und Parameterbestückung erhalten die HSK_E einen Wertigkeitsfaktor, mit dem sie in die Berechnung eingehen. Die Wertigkeitsfaktoren können sich auf Einzeldaten oder Datenbestände beziehen.

Die Berechnungsgrundlage für alle Parameter bilden die für das entsprechende Zielniveau aggregierten und harmonisierten Datensätze (HSK_Z). Die Parameter werden i.d.R. schichtungs- und nutzungstypenbezogen (obligate Filter) abgefragt.

Der betrachtete Datenpool sollte aus Gründen der Ableitungssicherheit mindestens 20 Datensätze umfassen (LABO 2003, UTERMANN et al. 1999). Lassen sich weniger als 20 Datensätze abfragen, muss der Abfrageradius vergrößert werden, z.B. durch:

- schichtungstypenunabhängige Abfrage oder
- abstraktere Abfrage (Merkmalsverwandschaft).

Für die Ableitung von Stoffdaten behält der Filter Nutzungstyp grundsätzlich seinen obligaten Charakter, da die Nutzungsform insbesondere auf die bodenchemischen Eigenschaften rückwirkt.

Größere Datenumfänge ($n_{\text{HSK}_E} > 20$) erlauben die Berücksichtigung detaillierterer Abfragekriterien (z.B. unterlagernde bzw. überlagernde HSK_E, Regionalität u.a.). Über sie lässt sich gegebenenfalls die Ableitungsgüte verbessern.

Für alle Parameter erfolgt eine deskriptive Statistik:

- Medianwert, 1. und 3. Quartil
- Interquartilabstand
- Minimalwert, Maximalwert, Spannweite
- Standardabweichung, Variationskoeffizient
- Histogrammanalyse
- Stichprobenumfang

5.4.2 Spezielle Ableitungsregeln

5.4.2.1 Horizontgrenzen und Horizontmächtigkeiten

Basierend auf den Horizont-Substrat-Abfolgen der Flächenbodenformen wird für jede HSK_Z eine mittlere Horizontmächtigkeit, Obergrenze und Untergrenze berechnet. Die Gültigkeit der mittleren Angaben ergibt sich in Verbindung zu der jeweiligen Flächenbodenform. Die zugewiesenen tiefenbezogenen Angaben können sich daher für gleiche HSK_Z unterscheiden. Die Teufenangabe erfolgt in 5 cm Stufen. Ausgenommen hiervon sind jene Horizont-Substrat-Kombinationen, deren Mächtigkeiten schon für Spannen von <5 cm eine direkte systematische bzw. diagnostische Bedeutung besitzen (Auflagenhorizonte, Podsoligkeit).

Die Horizontgrenzen der liegenden HSK besitzen grundsätzlich eine eingeschränkte Gültigkeit, da sie in ihrer Mächtigkeit „unvollständig“ sind und nur die Aufnahmetiefe dokumentieren. Sie müssen vor der Berechnung herausgefiltert oder auf den betrachteten Teufenbereich angepasst werden.

Das Arbeiten mit gemittelten Horizontgrenzen und Mächtigkeiten ist nicht für alle Horizont-Substrat-Kombinationen bzw. Flächenbodenformen gleichermaßen sinnvoll. In Auswertung der Histogrammanalysen der HSK lassen sich drei Verteilungstypen definieren, mit denen die Gültigkeit mittlerer Horizontmächtigkeiten beurteilt werden kann.

Verteilungstyp A

Eine Reihe von Horizont-Substrat-Kombinationen besitzen innerhalb ihres Wertespektrums ein ausgeprägtes Maximum. Ihre Häufigkeitsverteilungen sind leicht linksschief und gleichen weitgehend einer lognormalen Verteilung⁶⁰ (→Abbildung 50). Für die Festsetzung mittlerer Eigenschaften empfiehlt sich neben dem Median bei zunehmender Skewness (S) auch der zweiseitig quartilsgewichtete Median ($\tilde{\tilde{x}}$)⁶¹.

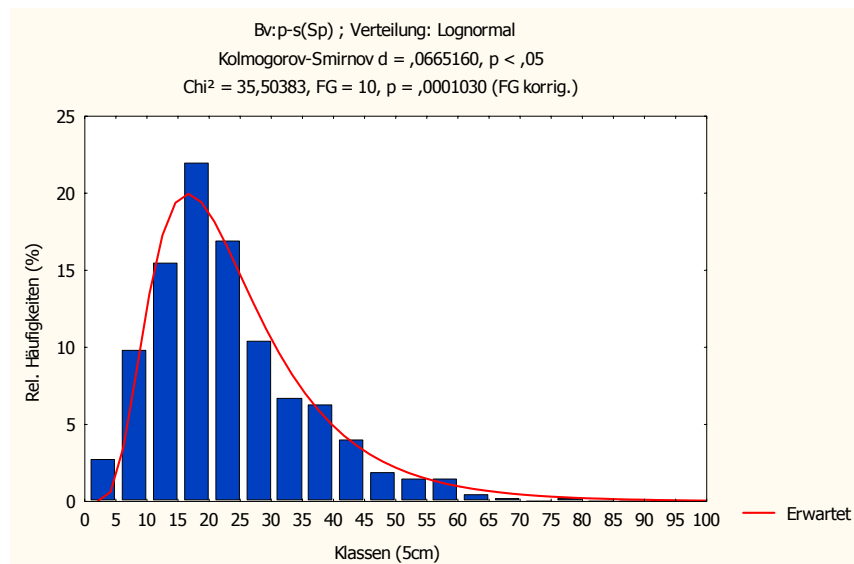


Abbildung 50: Histogramm (Säulen) und Erwartungswerte (Linie) der Mächtigkeiten von Bv Horizonten (Bv:p-s(Sp))

⁶⁰ Geprüft nach KOLMOGOROW-SMIRNOW und Chi² Anpassungstest.

⁶¹ $\tilde{\tilde{x}} = (Q_1 + 2\tilde{x} + Q_3)$ (SACHS 1996)

Zu den Horizonten dieses Verteilungstyps zählen neben den Bv- Horizonten auch die Bs-, Ae und A*I-Horizonte, die eine ähnliche Verteilungsform besitzen. Die Streuungsmaße wie der Interquartilabstand (I_{50}^{62}) fallen für diese Gruppe von HSK_Z relativ gering aus. Die Ableitung von mittleren Tiefen- und Mächtigkeiten führt zu tragfähigen Ergebnissen.

Kennzeichnend für die Horizonte i.S. von Verteilungstyp A ist die Tatsache, dass sie einen weitgehend in situ verlaufenden pedogenetischen Prozess in seiner Entwicklungstiefe nachzeichnen. Dieser Verteilungstyp ist auf Horizonte beschränkt, die durch einen terrestrischen Bodenbildungsprozess entstanden sind. Die diagnostischen Horizonte semiterrestrischer Böden besitzen für ihre tiefenbezogenen Angaben eine andere Verteilungsform in den Klassenhäufigkeiten (→Verteilungstyp C).

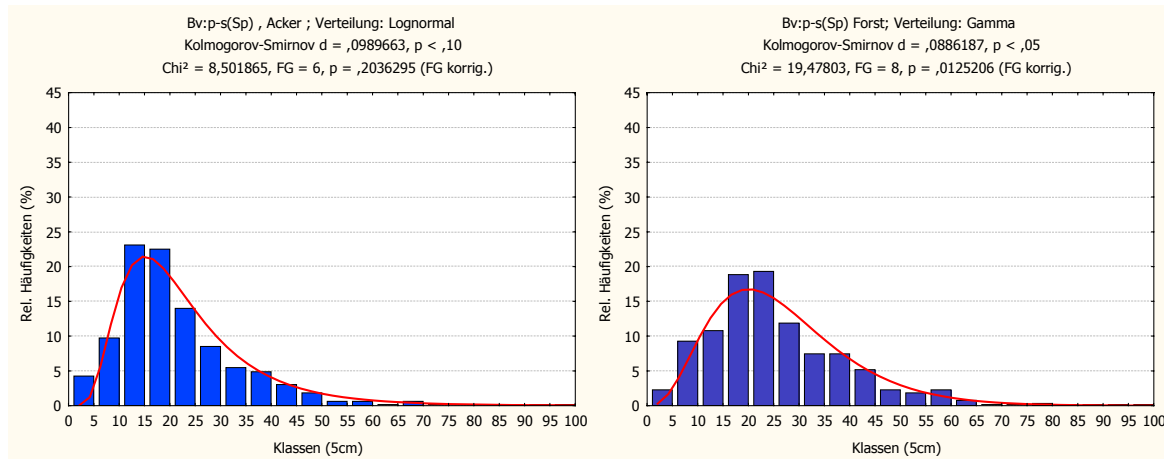


Abbildung 51: Histogramme (Säulen) und Erwartungswerte (Linie) der Mächtigkeiten von Bv-Horizonten (Bv:p-s(Sp)) für Acker- (links) und forstliche Nutzung (rechts).

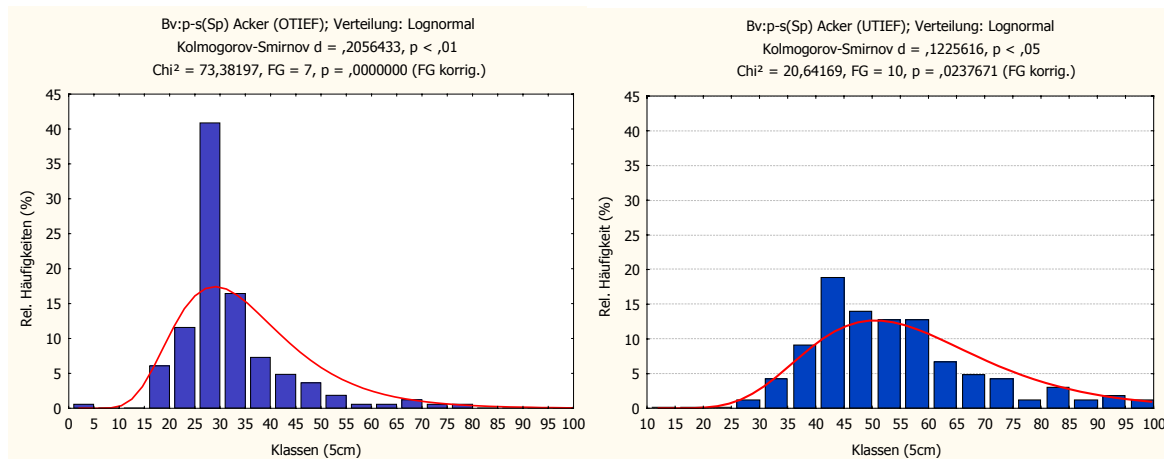


Abbildung 52: Histogramme (Säulen) und Erwartungswerte (Linie) der Obergrenzen (links) und Untergrenzen (rechts) von Bv-Horizonten (Bv:p-s(Sp)).

Über eine engere Kriteriensetzung der Datenabfragen (z.B. Nutzung) können die Ableitungsergebnisse weiter spezifiziert werden. So unterscheiden sich die Mediane für die Mächtigkeiten bzw. Horizontgrenzen von Bv-Horizonten unter land- bzw. forstwirtschaftlicher Nutzung (→Abbildung 51). Besonders deutlich prägt sich der Einfluss der landwirtschaftlichen Bearbeitungstiefe auf die Horizontobergrenze aus ($\tilde{x}_l = 30\text{cm}$, $\tilde{x}_f = 18\text{cm}$, →Abbildung 52). Auch

⁶² $I_{50} = Q_3 - Q_1$ (Sachs 1996)

für die Untergrenze ergeben sich relevante Unterschiede ($\tilde{x}_L = 55\text{cm}$, $\tilde{x}_F = 45\text{cm}$). Für andere Horizonte als die Bv-Horizonte (z.B. A*I, B*s) zeigen sich diese Unterschiede nicht in gleicher Weise.

Verteilungstyp B

Eine weitere Gruppe von Horizont-Substrat-Kombinationen besitzt zwar ebenfalls eine klassenbezogene Werthäufung, jedoch kein ausgeprägtes Maximum wie die HSK i.S. von Verteilungstyp A. Die Häufigkeitsverteilungen sind oft mehrgipflig (\rightarrow Abbildung 53). Die Interquartilabstände für die HSK i.S. von Verteilungstyp B vergrößern sich im Vergleich zu den HSK i.S. von Typ A. Im Unterschied zum Verteilungstyp A ist für die Klassenhäufigkeiten des Verteilungstyps B nicht nur ein pedogenetischer Prozess, sondern auch die Lage der Schichtgrenzen der bodenbildenden Substrate verantwortlich. Da beide Faktoren Einfluss auf die Horizontmächtigkeiten haben, kommt es zu einem etwas diffuseren Verteilungsverlauf. Der Verteilungstyp B repräsentiert die Verhältnisse für die Bt-, Bbt- und Sd- Horizonte.

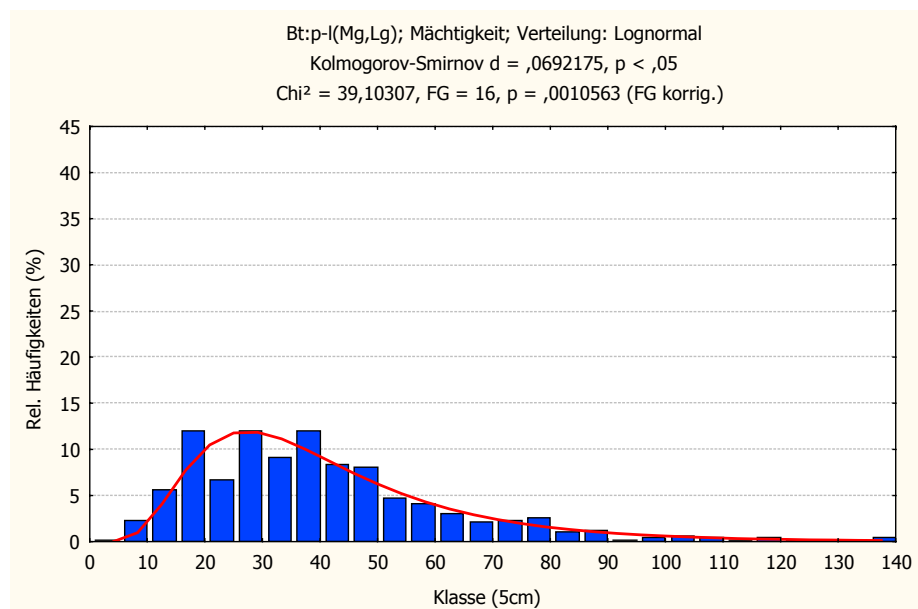


Abbildung 53: Histogramm (Säulen) und Erwartungswerte (Linie) der Mächtigkeiten von Bt-Horizonten (Bt:p-l(Mg,Lg)).

Die Ableitung mittlerer Werte erscheint unter Berücksichtigung weiterer Kriterien (wie Schichtungs- bzw. Nutzungstyp) dennoch möglich. Die Angabe der Streuungsmaße ist für die Bewertung der Ableitungsergebnisse unbedingt notwendig.

Verteilungstyp C

Für den dritten Typ ist eine weitgehend unspezifische Häufigkeitsverteilung kennzeichnend. In den Klassenhäufigkeiten ist gegenüber den Verteilungstypen A und B kein eindeutiger Schwerpunkt erkennbar (\rightarrow Abbildung 54). Die Werte streuen über einen sehr breiten Bereich (hoher Interquartilabstand). Diese Verteilungsform charakterisiert die Häufigkeitsverhältnisse innerhalb der G-, M-, C- und H-Horizonte.

Die Mächtigkeitsverhältnisse dieser HSK werden, im Unterschied zu den beiden anderen Verteilungstypen, nicht von pedogenetischen Prozessen im engeren Sinne, sondern von lokalen Standortsfaktoren, wie Grundwassereinfluss oder Substratmächtigkeit, bestimmt. So fallen in diesen Verteilungstyp die diagnostischen Horizonte grundwasserbeeinflusster Böden. Diese

Horizonte haben wie die M- und die C-Horizonte keine typische Horizontmächtigkeit, da sich ihr Einfluss sowohl auf einen Profileil, als auch auf ein Gesamtprofil beziehen kann. Eine direkte Ableitung von mittleren Mächtigkeiten bzw. Horizontgrenzen erscheint für HSK diesen Typs nicht sinnvoll. Hier bietet es sich an, mit den bodensystematischen Kriterien korrespondierende Mächtigkeitsklassen zu definieren. So sind für Anmoorgleye, bezogen auf die Bewertungstiefe von 2 m unter GOF, „mächtigere“ Gr-Horizonte anzunehmen als für vergleyte Braunerden.

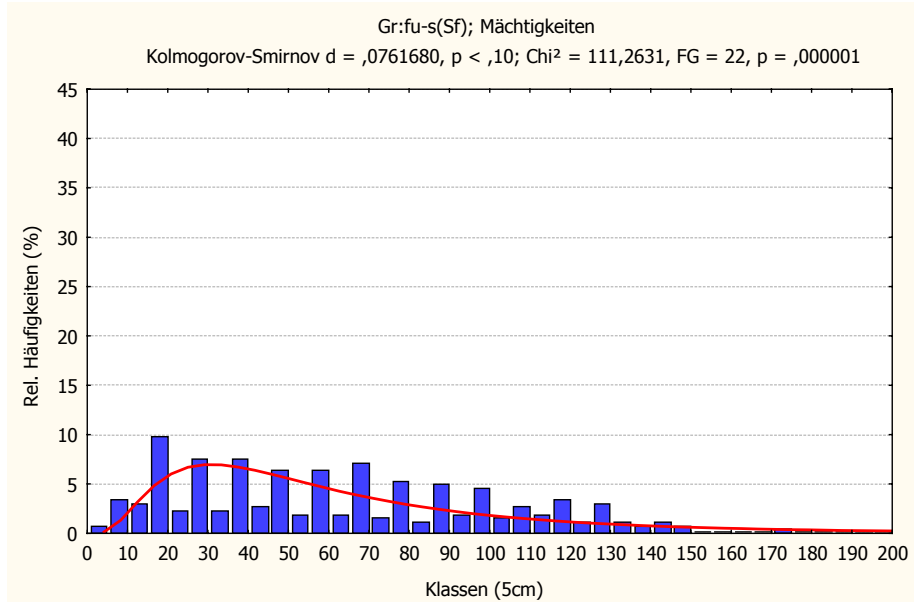


Abbildung 54: Histogramm (Säulen) und Erwartungswerte (Linie) der Mächtigkeiten von Gr-Horizonten (Gr:fu-s(Sf)).

Da es sich bei den G- bzw. C-Horizonten meist um liegende Horizonte handelt, werden die Mächtigkeitsverhältnisse dieser HSK maßgeblich von den dokumentierten Aufnahmetiefen beeinflusst. Diese korrelieren aber nicht immer mit dem angestrebten Aufnahmebereich von 2 m unter GOF. So zeigen sich bei Histogrammanalysen der Horizontuntergrenzen liegender Horizonte starke Abweichungen zur angestrebten Bewertungstiefe des Zieldatensatzes. Diese spiegeln für die betreffenden HSK die Aufnahmetiefe und nicht die Horizontuntergrenze wider. Eine formale Anpassung an die Bewertungstiefe von 2 m unter GOF ist abzulehnen, da die Ableitungsergebnisse dann einen hohen spekulativen Anteil besitzen.

5.4.2.2 Ableitungsregeln für stoffliche Eigenschaften der Horizont-Substrat-Kombinationen

Grundsätzlich gelten die unter 5.2.6 aufgeführten Regeln und Kriterien auch für die Ableitung von mittleren stofflichen Eigenschaften. Im Unterschied zu den Ableitungsregeln für tiefenbezogene Angaben kann jedoch für die Stoffdaten nicht nur ein mittlerer Wert (Median), sondern auch die Zugehörigkeit zu Werteklassen oder die Stellung zu einem Grenzwert als Ableitungsziel fungieren.

Die Auswertungsmethoden erfordern sowohl metrisch als auch ordinal skalierte Eingangsdaten (HENNIGS 2000). Sie bestimmen folglich zu beachtenden Regeln in einem stärkeren Maße als bei den horizontbeschreibenden Daten. Für ordinal skalierte Ableitungsziele ist die Wahl der Klassenanzahl und –grenzen gesondert zu beachten, da sich über sie scheinbar unterschiedliche Schwerpunkte innerhalb ein und des selben Wertespektrums abbilden lassen (→Abbildung 55).

So streuen von Verbraunungshorizonten aus Sand (Bv:p-s(Sp), Ackernutzung) die pH-Werte bzw. deren Klassenhäufigkeiten bei eng gesetzten Klassengrenzen (0,2 Stufen) über einen relativ breiten Bereich, ohne dass eine Klasse in ihrer Wertebelegung eindeutig dominiert. Werden die pH-Werte nach den Stufen der KA4 (AG BODEN 1994) klassifiziert, so zeigt sich ein deutlicher Schwerpunkt in der Klasse s2 (mittel sauer, pH 5-6). Die höchste Klassenhäufigkeit (s3) deckt sich weitgehend mit

dem Median von $\tilde{x}_{\text{pH}} = 5,8$ ⁶³. Alternativ zu den KA4 Stufen können die pH-Werte auch nach ökologisch relevanten Pufferbereichen (ULRICH 1981, RABEN et al. 2000) klassifiziert werden. Durch die Weitung der Klassengrenzen erhöht sich hier formal die relative Worthäufigkeit innerhalb der Klassen. Welche Klassengrenzen zu Anwendung kommen, hängt letztlich von der Fragestellung ab.

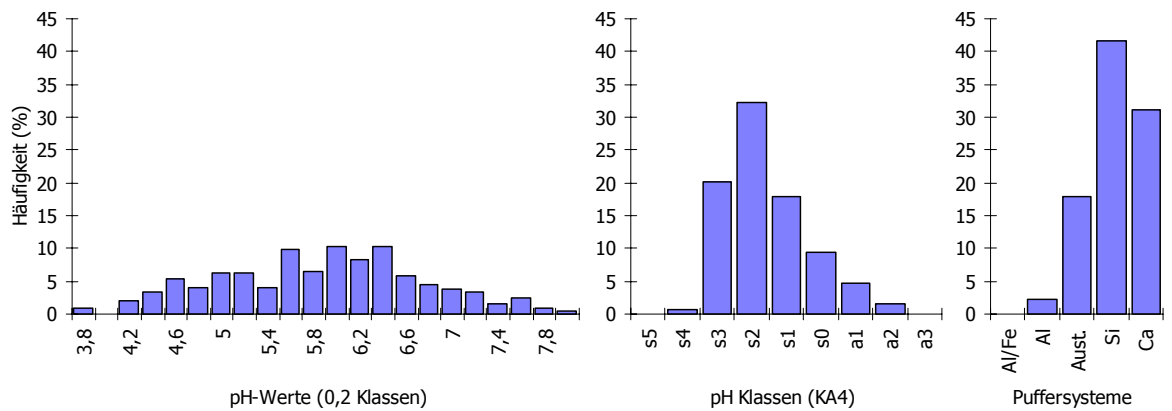


Abbildung 55: Einfluss von Klassengrenzen auf die relativen Klassenhäufigkeiten der pH-Werte von Bv-Horizonten (Bv:p-s(Sp), Ackernutzung), links pH-Werte nach 0,2 Stufen, pH-Werteklassen der KA4, rechts pH-Werteklassen der Puffersysteme (ULRICH 1981)

Für die Ableitung von Stoffdaten sind die Nutzungstypen (→5.2.5.1.1) in jedem Fall zu berücksichtigen, da die Wertespektren von der Art der Flächennutzung beeinflusst werden und sich insbesondere bei den Oberböden deutlich voneinander abgrenzen (→Abbildungen 56).

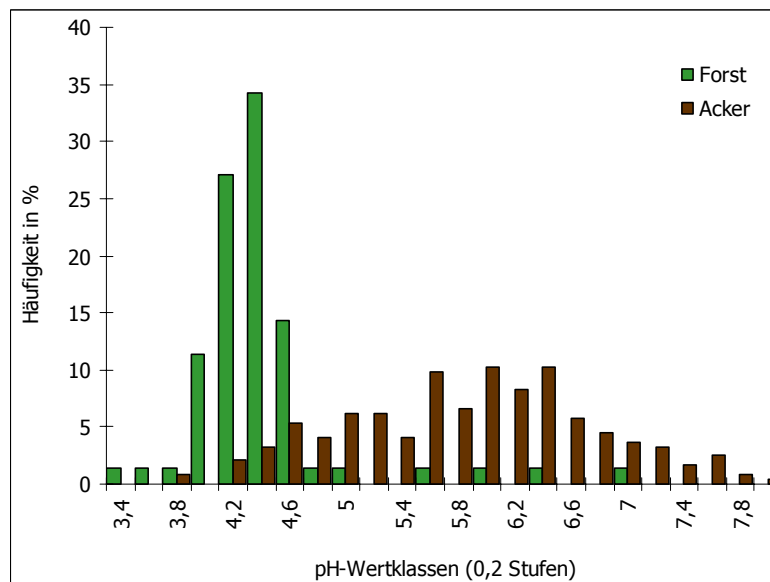


Abbildung 56: Vergleich der pH-Werte von Bv-Horizonten (Bv:p-s(Sp)) unter Acker- bzw. Forstnutzung

Die hier exemplarisch für die Ableitung von mittleren pH-Werten aufgeführten Regeln gelten für die anderen bodenchemischen Parameter in gleicher Weise.

⁶³ In der KA5 (AG BODEN 2004) fällt der pH-Wert 5,8 durch eine veränderte Klassenzuordnung in den pH-Bereich schwach sauer (s2, pH 5,4-6,0).

5.4.2.3 Ableitungsregeln für Horizont-Substrat-Kombinationen ohne Punktdatenhintergrund

Für einen Teil der zu charakterisierenden Horizont-Substrat-Kombinationen existiert gegenwärtig kein verwertbarer Punktdatenhintergrund. Dies trifft insbesondere auf weniger verbreitete Bodenformen und auf Bodenformen aus anthropogenen Substraten zu. Für diese Fälle müssen Parameterwerte zugewiesen werden, um die „Lücken“ in den Horizont-Substratabfolgen aufzufüllen. Hierfür werden Daten aus Vergleichsprofilen (THIERE 1970, GRENZIUS 1986, FISCHER-ZUJOKOV 2000, SCHWARZ 2001) herangezogen, die aufgrund ihrer räumlichen Lage (SCHRÖDER et al. 1997, RINKLEBE 2004) oder ihrer eingeschränkten methodischen Vergleichbarkeit (RIEK 2004) nicht Teil des Eingangsdatenbestandes sind. Zur Abgrenzung gegenüber den HSK_Z, die sich über die Eingangsdaten methodisch beschreiben lassen, werden den HSK_Z ohne Punktdatenhintergrund keine „quasi“ konkreten Werte, sondern Werteklassen zugewiesen (z.B. h2 für schwach humos). Für die bodenphysikalischen Parameter Feldkapazität, nutzbare Feldkapazität und Luftkapazität kann auf die Tabellenwerte der KA5 (AG BODEN 2004) zurückgegriffen werden.

5.4.3 Horizont-Substrat-Abfolgen (HSA), Bodenformenbeschrieb

In einem weiteren Schritt müssen die abgeleiteten tiefenbezogenen Angaben der HSK_Z mit den Horizont-Substrat-Abfolgen der Flächenbodenformen des jeweiligen Zieldatensatzes abgeglichen werden. Welche Horizont-Substrat-Kombinationen zu einer Flächenbodenform zusammengefügt werden können, geben im Wesentlichen die Regeln der Bodensystematik und das Kennzeichnungs-niveau des Zieldatensatzes vor.

Die Funktion der tiefenbezogenen Angaben zu den HSK_Z liegt zunächst in der Beschreibung der Mächtigkeitsverhältnisse innerhalb einer Flächenbodenform. Im Weiteren besitzen sie weitergehende Bedeutung für die Berechnung von horizont- bzw. profilbezogenen Stoffvorräten.

Voraussetzung für die Nutzung dieser Angaben ist ein Mindestmaß an Ableitungsgüte. Als Kriterien der Ableitungsgüte sind zunächst der Verteilungstyp (→5.4.2.1), die statistischen Streuungsmaße (Interquartilabstand) und der Datenhintergrund (Mindestdatensatzanzahl) anzuführen.

Wie oben beschrieben, folgen die einzelnen Horizont-Substrat-Kombinationen unterschiedlichen Verteilungstypen. In Abhängigkeit ihrer Nähe zu einem der Verteilungstypen gestaltet sich auch die Ableitungssicherheit. Eine direkte Berücksichtigung der mittleren Angaben ist daher nur für HSK_Z zu rechtfertigen, die in ihren Klassenhäufigkeiten den Verteilungstypen A oder B entsprechen.

Als weiteres Kriterium für die Bewertung der Ableitungsgüte kann die Beziehung zwischen den Medianen der Parameter Horizontmächtigkeit und Horizontuntergrenze bzw. -obergrenze herangezogen werden. Im Idealfall besteht zwischen den Medianen folgende Beziehung:

$$\sum \tilde{X}_M [\text{HSK1}] + \tilde{X}_M [\text{HSK2}] + \tilde{X}_M [\text{HSK3}] = \tilde{X}_{\text{UTIEF}} [\text{HSK3}]$$

oder

$$\sum \tilde{X}_M [\text{HSK1}] + \tilde{X}_M [\text{HSK2}] = \tilde{X}_{\text{OTIEF}} [\text{HSK3}]$$

[25]

$\tilde{X}_M [\text{HSK}]$	Median der Horizontmächtigkeiten einer HSK _Z
$\tilde{X}_{\text{OTIEF}} [\text{HSK}]$	Median der Horizontobergrenzen einer HSK _Z
$\tilde{X}_{\text{UTIEF}} [\text{HSK}]$	Median der Horizontuntergrenzen einer HSK _Z

Aus dieser Beziehung kann herausgelesen werden, inwieweit sich die mittleren Horizontangaben sinnvoll in die Horizont-Substrat-Abfolge einer Flächenbodenform einpassen lassen. Eine höhere Ableitungssicherheit für die tiefenbezogenen Daten kann dann angenommen werden, wenn die Summe der Mediane aus den Horizontmächtigkeiten der HSK_Z innerhalb einer Horizontfolge bis zu der betrachteten Horizont-Substrat-Kombination nahe dem Median für die Horizontuntergrenze der betrachteten Horizont-Substrat-Kombination liegt →[25]. Einen ähnlichen Ansatz zur Überprüfung der tiefenbezogenen Angaben verwenden auch DEHNER et al. (2001).

Wie das Ableitungsbeispiel (Tabelle 18) für die Horizont-Substrat-Abfolge zu einer Flächenbodenform (LF-BB:p-ls(Sp)/g-el(Mg)) zeigt, folgen die HSK_Z dem Zusammenhang zwischen den Medianen →[25] in unterschiedlicher Weise. Die Festsetzung der tiefenbezogenen Horizontgrenzen muss dann im Abgleich zwischen den abgeleiteten mittleren Angaben, Erfahrungswerten, dem vertretenen Genesemodell und den systematischen Konventionen erfolgen. In welcher Wichtung diese Faktoren berücksichtigt werden, ist von der Ableitungsgüte der tiefenbezogenen Angaben abhängig.

Die im Falle des Ableitungsbeispiels in der Tabelle 18 erfolgten Anpassungen waren i.S. einer stimmigen Horizont-Substrat-Abfolge notwendig. Da sich diese Anpassungen auf die jeweiligen Flächenbodenformen beziehen, kann eine Horizont-Substrat-Kombination unterschiedliche Mächtigkeits- oder Tiefenangaben besitzen.

Tabelle 18: Beispiel für den Datenhintergrund zur Ableitung von tiefenbezogenen Angaben zur Horizont-Substrat-Abfolge einer Flächenbodenform (LF-BB:p-ls(Sp)/g-el(Mg))

Horizont-Substrat-Abfolge			statistischer Datenhintergrund								
Lfd.Nr	Tiefe (cm)	HSK _Z	Parameter	\tilde{x}	P25	min	P75	max	I50	x(i)	n
HSK1	30	Ap:p-ls(Sp)	OTIEF	30	0	0	0	90	0	0	943
			UTIEF	25	5	30	120	5	28,7		
			Mächtigkeit	25	5	30	80	5	28,7		
HSK2	50	Ael-Bv:p-ls(Sp)	OTIEF	30	28	5	35	95	7	30,7	98
			UTIEF	50	43,2	30	60	120	16,7	50,8	
			Mächtigkeit	20	15	7	25	45	10	20	
HSK3	65	Bt+Ael:p-ls(Lg, Sp)	OTIEF	50	40	25	65	110	25	51,25	106
			UTIEF	75	60	30	93,8	165	33,7	75,9	
			Mächtigkeit	20	15	5	35	90	20	22,5	
HSK4	105	Bt:p-l(Mg)	OTIEF	55	35,5	13	70	190	34,5	53,9	391
			UTIEF	100	78	35	120	230	42	99,5	
			Mächtigkeit	40	28,5	10	55	140	26,5	40,9	
HSK5	200	elCv:g-el(Mg)	OTIEF	85	55	15	115	300	60	85	333
			UTIEF	140	110	30	195	350	85	146,2	
			Mächtigkeit	50	30	5	80	250	50	52,5	

Bei der Anpassung der tiefenbezogenen Angaben für eine Horizont-Substrat-Abfolge bedürfen schichtungstypenabhängige HSK, wie z.B. Bv- oder Ael-Horizonte, einer gesonderten Betrachtung, da die pedogenetische Horizontabfolge mit der substratgenetischen Schichtenabfolge harmonisieren muss. Für die Ableitung der mittleren Horizontgrenzen bzw. Horizontmächtigkeiten dieser HSK_Z ist daher eine Kopplung mit den Schichtungstypen (→5.3.1.2) notwendig. Für die Horizonte mit Grundwassereinfluss gelten diese Einschränkungen nicht, da sie das Profil schichtübergreifend beeinflussen. Sie können daher als schichtungstypenunabhängige HSK_Z bezeichnet werden.

Auf die notwendige Berücksichtigung des Nutzungsbezugs für die hangenden Horizont-Substrat-Kombinationen wurde bereits im Abschnitt 5.4.2.1 eingegangen. Eine eingehende Bewertung der zu erwartenden Ableitungssicherheit für die horizontbeschreibenden sowie die stofflichen Parameter erfolgt im sich anschließenden Kapitel.

6 Ableitungsergebnisse - Bewertung und Diskussion

Die Ableitungsergebnisse sollen zunächst innerhalb der drei methodisch relevanten Ableitungsebenen :

- Horizontbezug (HSK_z , HSG)
- Profilbezug (FBF) und
- Arealbezug (D, F, FG)

vorgestellt und anschließend gemeinsam diskutiert werden. Die Ergebnisse entsprechen reinen Methodenprodukten, welche ausschließlich nach dem entwickelten Regelwerk (→Kapitel 5) ermittelt wurden. Unter Reinheit der Ergebnisse ist hier zu verstehen, dass zunächst keinerlei empirisches Expertenwissen oder andere Datenquellen (z.B. Kennwerttabellen KA4/5) zum Auffüllen der Lücken im Eingangsdatenbestand bemüht wurden. Der derzeit verfügbare Datenhintergrund erlaubt es aber nicht, auf die Zuweisung von Merkmalswerten grundsätzlich zu verzichten. Die Zuweisung erfolgt in einem separaten Schritt. Die Ergebnisse entsprechen dann aber auch keinem „reinen“ und reproduzierbaren Methodenprodukt mehr.

6.1 Ableitungsebene Horizontbezug

Die eingebundenen bzw. verknüpften Datentabellen besitzen einen Umfang von 29 508⁶⁴ Horizontdatensätzen. Zu 9178 dieser Eingangsdaten lassen sich neben horizontbeschreibenden Daten auch Stoffdaten beziehen. Diese erfüllen die Voraussetzung gleicher oder vergleichbarer Analysemethoden, sind aber in ihrem Parameterspektrum nicht einheitlich.

Das Spektrum der Eingangsdaten umfasst 1880 verschiedene Horizont- und 1235 sich unterscheidende Substratkennzeichnungen. In kombinierter Betrachtung kommen hierbei 6981 verschiedene Horizont-Substrat-Kombinationen auf Basis der Eingangsdaten zusammen. Infolgedessen liegt die mittlere Häufigkeit einer HSK_E innerhalb der Eingangsdaten nur bei $\bar{x}_{HSKE} = 3,1$ bzw. $\tilde{x}_{HSKE} = 1$.

Die große Anzahl sich unterscheidender HSK_E sowie deren geringe mittlere Häufigkeit ist nicht allein eine Funktion des natürlichen Inventars, sondern auch eine Folge von Kennzeichnungsfehlern, -lücken und systematischen Niveauunterschieden (→5.2.).

Ein Kernstück der methodischen Ableitung sind die Teilprozesse der Datenvorbereitung, insbesondere der Harmonisierung und Plausibilitätsprüfung. Diese Teilprozesse werden innerhalb der Methode über Korrekturschlüssellisten (→5.2.3) realisiert. Sie weisen für 309 boden- bzw. 348 substratsystematische Kennzeichnungstypen auf einen Harmonisierungsbedarf hin. Werden diese Fälle auf den Gesamtdatenbestand bezogen, so besteht bei insgesamt 4053 pedogenetischen Horizontkennzeichnungen (18,6 %) und 7818 Substratkennzeichnungen (35,9 %) ein Harmonisierungsbedarf.

Innerhalb der pedogenetischen Horizontkennzeichnungen bestehen die Harmonisierungsschwerpunkte in:

- der Merkmalsausdünnung (Reduzierung auf maximal zwei Hauptsymbole),
- der Rangfolgeregelung vorangestellter Zusatzsymbole und
- der Korrektur von Kennzeichnungsfehlern und Plausibilitätskonflikten.

Im Ergebnis der Harmonisierungsschritte reduziert sich das Spektrum auf 702 Horizontkennzeichnungen, mit einer mittleren Häufigkeit gleicher Horizonte von $\bar{x}_{HE} = 34$ bzw. $\tilde{x}_{HE} = 2$.

⁶⁴ Stand 02/04

Eine wesentliche Erhöhung der mittleren Häufigkeit ergibt sich erst infolge der Generalisierung und Aggregation der Eingangsdaten auf das Kennzeichnungsniveau des Zieldatensatzes ($\bar{x}_{Hz} = 101,8$, $\tilde{x}_{Hz} = 16,5$).

Die Harmonisierungsschwerpunkte für die substratbezogene Horizontkennzeichnung bestehen hauptsächlich in:

- der Nivellierung der systematischen Kennzeichnungsniveaus
- der Rangfolgeregelung bei mehreren Bodenausgangsgesteinen und
- dem Auffüllen von Kennzeichnungslücken.

Die Harmonisierungsschritte führen zu einer Variantenreduzierung von 68 % auf 848 Substratarten ($\bar{x}_{SE} = 21,6$, $\tilde{x}_{SE} = 2$). Wie bei den pedogenetischen Horizontkennzeichnungen steigt die mittlere Häufigkeit aber erst im Ergebnis der inhaltlichen Generalisierung und Aggregation der Substratangaben auf das Zielniveau an ($\bar{x}_{SZ} = 199,7$; $\tilde{x}_{SZ} = 21$) (→5.3.).

Werden beide Komponenten gemeinsam betrachtet, so kann das Spektrum an Horizont-Substrat-Kombinationen harmonisierungsbedingt von 6981 auf 1305 HSK (-81 %) reduziert werden. Wesentlicher für die Fragestellung ist aber weniger das Gesamtspektrum der harmonisierten Daten, als vielmehr der realisierte Verknüpfungserfolg zwischen dem Eingangs- und dem Zieldatensatz. Letzterer erfordert die inhaltliche Charakterisierung von 375⁶⁵ verschiedenen Horizont-Substrat-Kombinationen.

Die Bewertung des Verknüpfungserfolgs erfordert eine zweiseitige Betrachtung. Für ihn ist von Bedeutung:

- a) in welchem Umfang die Eingangsdaten zur Charakterisierung der Zieldaten beitragen können und
- b) in welchem Umfang das (inhaltliche) Zieldatenspektrum durch die Eingangsdaten belegbar ist.

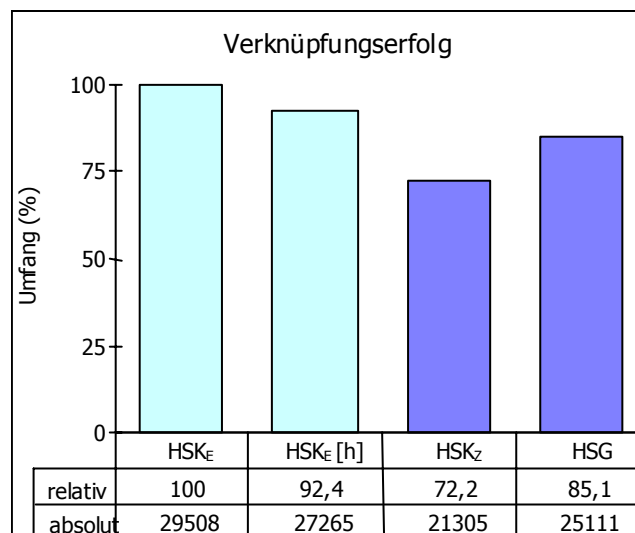


Abbildung 57: Umfang des Verknüpfungserfolgs zwischen Eingangsdaten (HSK_E), harmonisierten Eingangsdaten (HSK_E[h]) und Zieldaten (HSK_Z, HSG)

Eine Harmonisierungsnotwendigkeit besteht für 18,6 % der Horizont- und 35,6 % der Substratangaben des Eingangsdatensatzes. Nach Abschluss der Harmonisierung lässt sich dennoch ein sehr

⁶⁵ hier nicht differenziert nach Nutzungstypen

hoher Anteil der harmonisierten Eingangsdaten ($HSK_E[h]$) in die Methode einbinden (\rightarrow Abbildung 57). Der geringe harmonisierungsbedingte „Datenverlust“ ($<10\%$) ist der guten Wirkungsweise der Korrekturschlüssellisten zuzuschreiben. Für diese Funktionalität bedarf es eines permanenten Abgleichs der Schlüssellisten mit den rezenten Eingangsdaten, da Letztere einen überwiegend dynamischen Charakter besitzen und sich in ihrem inhaltlichen Spektrum verändern. Die mit der Harmonisierung zusammenhängenden Korrekturen und Anpassungen werden nicht innerhalb der Originaldaten umgesetzt. Sie erfolgen in einer separaten Ergebnistabelle. Dieser Verfahrensweg ergibt sich aus den Gründen der Reproduzierbarkeit des Harmonisierungsprozesses und aus der Spezifik von dynamischen Datenbeständen. Mit jeder aktualisierenden Datenabfrage ist ein neuer Harmonisierungsprozess, inklusive aller nachfolgenden Generalisierungs- und Aggregierungsprozesse verbunden. Die Ergebnistabellen besitzen daher temporären Charakter.

Mit dem Zieldatensatz (HSK_Z) lassen sich z.Z. ca. $\frac{3}{4}$ der systematisch-semantischen Eingangsdaten verknüpfen (\rightarrow Abbildung 57). Werden zur Beschreibung der Horizont-Substrat-Kombinationen deren Aggregationen zu Horizont-Substrat-Gruppen (HSG) herangezogen (\rightarrow 5.3.2.1), so können bis zu 85% der Eingangsdaten eingebunden werden. Die Differenz zwischen dem harmonisierten Eingangsdatensatz und den beiden Kategorien HSK_Z bzw. HSG umfasst Fälle, die sich aus inhaltlichen Gründen nicht mit dem Zieldatenspektrum verknüpfen lassen.

Im Interesse, einen möglichst hohen Anteil der Eingangsdaten für die Ableitung von mittleren Eigenschaften zu berücksichtigen, empfiehlt es sich, mit der Kategorie der Horizont-Substrat-Gruppe weiterzuarbeiten. Welche Kategorie (HSK_Z oder HSG) letztlich für die Ableitung mittlerer Horizont-eigenschaften herangezogen wird, hängt vom Datenhintergrund der Eingangsdaten (Stichprobenumfang) und von der geforderten Aussageschärfe der Zieldaten ab. Die gegenüber den HSK_Z inhaltlich abstrakteren HSG fassen ein breiteres, fachlich aber begründbares Spektrum an Eingangsdaten zusammen. Vielfach kann nur über die HSG ein Mindestdatenumfang abgesichert werden, welcher eine deskriptiv-statistische Betrachtung zulässt und die Ableitung mittlerer Eigenschaften rechtfertigt.

Ein Vergleich von statistischen Parametern auf Basis der HSK_Z bzw. HSG (\rightarrow Abbildung 58) zeigt in den Ableitungsergebnissen eine grundsätzliche Übereinstimmung. So bestehen zwischen den Medianen keine wesentlichen Abweichungen. Geringfügige Differenzen zeigen sich bei den Streuungsmaßen (Interquartilabstand). Sie können sowohl durch den unterschiedlichen Abstraktionsgrad bei der Gruppenbildung zu HSK_Z bzw. HSG, als auch durch die damit zusammenhängenden abweichenden Stichprobenumfänge der HSK_Z bzw. der HSG verursacht sein.

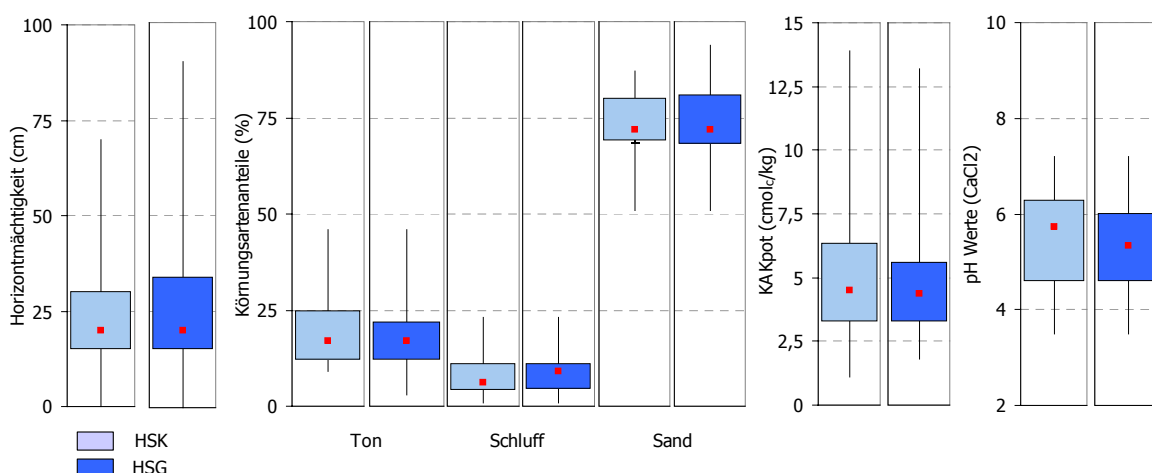


Abbildung 58: Vergleich zwischen HSK_Z und HSG (Median, Quartile, Spannweite) für die Parameter Horizontmächtigkeit (cm), pH-Werte ($CaCl_2$), potenzielle Kationenaustauschkapazität ($cmol_c/kg$) und Kornfraktionen (%) einer Bt+Ael:p-Is(Sp); Ackernutzung

Die höheren Datendichten der HSG wirken sich unterschiedlich auf die Interquartilabstände der einzelnen Parameter aus. Für das Ableitungsbeispiel (Bt+Ael:p-Is(Sp)) weiten sich die Interquar-

tilabstände bei den Parametern Horizontmächtigkeit und Kationenaustauschkapazität, während sie sich bei dem pH-Wert und Tongehalt verengen. Für den Gesamtdatenbestand lässt sich daraus keine parameterbezogene Tendenz ableiten. Die Diskussion der Streuungsparameter im Sinne einer Bewertung von Ableitungssicherheiten ist Gegenstand des folgenden Abschnitts.

Die Ermittlung von ableitungssicheren Horizonteigenschaften setzt einen definierten Mindestdatenumfang voraus. Unter Berücksichtigung des rezenten Datenhintergrundes und in Anlehnung an den Vorschlag der LABO (1998) wird der Mindestdatenumfang parameterübergreifend auf $n_{HSKE} > 20$ festgesetzt. Er kann in der horizontbezogenen Betrachtungsebene z.Z. für die Hälfte der beschreibenden Schichtdaten und für ein Drittel der Analysendaten abgesichert werden. Die angestrebte Datensatzanzahl von $n_{HSKE} > 20$ entspricht nicht einem iterativ-statistisch ermittelten Mindeststichprobenumfang (BÄTZ et al. 1987, SACHS 1997). In diesem Fall sind die notwendigen Stichprobenumfänge für jede Parameter-HSK Konstellation separat zu berechnen. Die mit diesen Verfahren ermittelten Stichprobenanzahlen würden zudem die mittelfristig realistisch verfügbaren Datenumfänge überschreiten (KAYSER 2003). Die berechneten Stichprobenumfänge werden daher als Ziel datengrößen angesehen.

Für Stichprobenumfänge von $n_{HSKE} < 20$ wird bei geringeren Streuungen im Wertespektrum der betrachteten Parameter hier die Ableitung und Definition von mittleren Eigenschaften noch als zulässig angesehen. Sie bedürfen dann aber einem Abgleich mit Expertenwissen oder Vergleichsdaten⁶⁶. Erfolgt eine expertenbasierte Modifikation der Werte, entsprechen sie keinem reinen Methodenergebnis mehr und sind in ihrer Reproduzierbarkeit eingeschränkt. Sie werden in der Ergebnisdokumentation mit einer geringeren zu erwartenden Ableitungssicherheit attribuiert.

Der Erfolg des Horizontbezuges kann über den erzielbaren Ableitungsumfang und der zu erwartenden Ableitungssicherheit beurteilt werden. Der horizontbezogene Ableitungsumfang entspricht dem Anteil am Zieldatenspektrum, welcher mit einer definierten Stichprobenanzahl von Eingangsdaten abgesichert werden kann (→6.1.1). Die horizontbezogene Ableitungssicherheit kennzeichnet die Verlässlichkeit, die für die abgeleiteten Parameterwerte einer Horizont-Substrat-Kombination oder – Gruppe zu erwarten ist.

6.1.1 Horizontbezogener Ableitungsumfang

Erhebliche Unterschiede bestehen in den Datensatzanzahlen, die für die Charakterisierung der Zieldaten zur Verfügung stehen (→Abbildung 59). Die zugrundeliegenden Datenumfänge erfordern eine getrennte Betrachtung für die beschreibenden Schichtdaten und für die Analysendaten. Bei Schichtdaten lässt sich grundsätzlich für 85 % der Horizont-Substrat-Gruppen bzw. für 72 % der Horizont-Substrat-Kombinationen eine direkte Verknüpfung zu den Eingangsdaten realisieren. Für die Analysendaten verringert sich dieser Anteil auf 76 % für die HSG bzw. auf 64 % für die HSK_Z.

Für insgesamt 68 HSG bzw. 118 HSK_Z lassen sich derzeit keine konkret erhobenen Schichtdaten aus den verknüpften Punktdatenbanken beziehen. Dies entspricht einem Anteil von 18,4 % (HSG) bzw. von 31,9 % (HSK) am horizontbezogenen Zieldatenspektrum. Für diejenigen HSG bzw. HSK, die über keinen erhobenen Datenhintergrund verfügen, müssen die Parameterwerte „gesetzt“ werden. Die Parametrisierung erfolgt in diesem Fall nicht über die Zuweisung eines quasi konkreten Wertes, sondern über den Verweis auf einen Tabellenwert oder eine Werteklasse i.S. der KA4/5 und basiert auf deduktiven Schlüssen bzw. Expertenwissen.

Bei diesen „Datenlücken“ handelt es sich fast ausschließlich um Horizonte und/oder Substrate, die auf einer anthropogenen Genese beruhen. Hauptverbreitungsraum dieser Substrate sind die Bergbaufolgelandschaften sowie die Siedlungsbereiche von Ober- und Mittelzentren Brandenburgs⁶⁷. Insbesondere für die engeren Siedlungsgebiete lassen sich auch zukünftig die notwendigen Datenumfänge aufgrund komplizierter Betretungsrechte und sehr heterogen zusammengesetzter Bodengesellschaften nur bedingt beziehen. Die Gültigkeit von flächenbezogenen Parametern in massiv

⁶⁶ i.S. von Daten mit ähnlichem Merkmalsspektrum, die aber außerhalb des administrativen Betrachtungsraumes Brandenburgs liegen

⁶⁷ Kleinere Siedlungsareale, wie z.B. Gemeinden, sind im Flächendatensatz wegen ihrer Flächengröße nicht als separates Polygon erfasst und daher nicht Bewertungsgegenstand.

anthropogen geprägten Arealen ist zudem stärker in Frage zu stellen als in dem Verbreitungsraum natürlicher Substrate. Aus diesem Grund wird sich in vielen Kartenwerken (z.B. BÜK 200) darauf beschränkt, die Siedlungsareale über Versiegelungs- oder Bebauungsdichten bzw. -typen zu charakterisieren. Für den Ballungsraum Berlin existieren Stadtbodenkarten, die aber oft auf deduktive Verfahren aufsetzen (BLUME 1981, GRENZIUS 1986, GRENZIUS & BLUME 1985, AEY 1991). Aufgrund des engräumigen Wechsels von graduell unterschiedlichen Belastungssituationen (BLUME 1999) ist es fraglich, inwieweit sich für diese Areale mittlere Eigenschaften festsetzen lassen.

Als positives Methodenergebnis kann angesehen werden, dass ein großer Anteil der Horizontdaten mit einer hohen Datendichte ($n_{\text{HSKE}} > 20$) abgesichert werden kann und damit eine wesentliche Voraussetzung für die Ableitung von mittleren Horizonteigenschaften gegeben ist. Es ist gleichzeitig ein Indiz dafür, dass Eingangs- und Zieldatenspektrum inhaltlich harmonisierbar sind. Dennoch offenbaren die in der Abbildung 59 (→Anlage Tabelle 8) dargestellten klassenbezogenen Stichprobenumfänge eine sehr uneinheitliche Datenbasis. Mit dem Blick auf die Ableitungsgüte der flächenbezogenen Horizontdaten besteht ein erheblicher Datenbedarf, insbesondere an methodisch vergleichbaren Analyseergebnissen. Letzteres führte dazu, dass eine Reihe von wertvollen bodenkundlichen Datenbeständen nicht (KONOPATZKY & KALLWEIT 1999), oder nur zum Teil eingebunden werden konnten (PRODAT, VETTERLEIN-Daten).

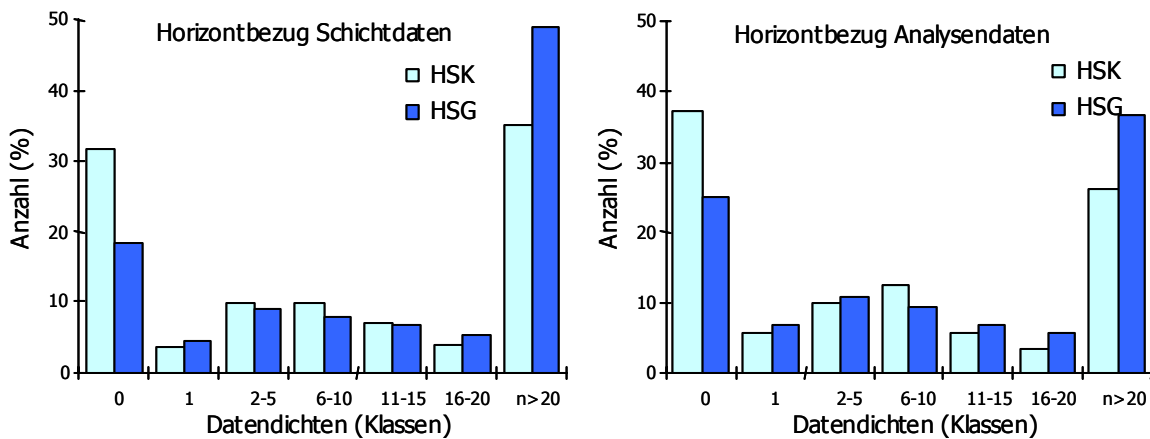


Abbildung 59: Klassenbezogene Stichprobenumfänge der Kategorien HSK_z und HSG für die Ableitungsziele Schichtdaten und Analysedaten

6.1.2 Parameterbezogene Ableitungssicherheit

Neben den verfügbaren Stichprobenumfängen besitzt die Variabilität der Parameterwerte einen direkten Einfluss auf die Güte der abgeleiteten Ergebnisse (=Ableitungssicherheit). Als Maß für die zu erwartende Ableitungssicherheit eines Parameters, einer HSK_z bzw. deren Kombination kann die Streuung innerhalb der gruppierten Wertespektren gelten. Hierfür ist von Interesse, wie sich die Variabilität der Parameterwerte für die einzelnen HSK_z innerhalb eines Parameters (z.B. Tongehalt) und zwischen den Parametern verhält und bei welchen Streuungen eine noch ausreichende Ableitungssicherheit postuliert werden kann.

Eine parameterübergreifende Betrachtung setzt eine Normierung der Variabilitätskennwerte voraus. Hierfür wird i.d.R. der Variationskoeffizient nach PEARSON (SACHS 1997) herangezogen. Den Variationskoeffizient zur Abschätzung der Variabilität bodenkundlicher Parameter empfehlen u.a. HENNINGS (1991) und KOFALK (1998). Der Variationskoeffizient greift in seiner ursprünglichen Form aber auf Kennwerte zurück, deren Gültigkeit normalverteilte Stichproben erfordern (SACHS 1997). Die der methodischen Ableitung zugrundeliegenden Eingangsdaten erfüllen diese Voraussetzung nicht parameterübergreifend (→5.4.2.2). Für die Bewertung bodenkundlicher Datenbestände verwenden daher UTERMANN et al. (1999), DEHNER et al. (2001) sowie BURGER (2004) robustere Schätzer wie den Median und den Interquartilabstand. Alternativ zur Standardabweichung und zum Variationskoeffizient bieten SCHLITTEGEN & STREITBERG (1995) folgende Beziehungen an:

$$\hat{\sigma} = 1.483 * \tilde{x}_s \left\{ \left| x_i - \tilde{x}_{\{x_s\}} \right| \right\} \quad [26]$$

$\hat{\sigma}$	medianbezogene Standardabweichung
$\left x_i - \tilde{x}_{\{x_s\}} \right $	Betrag der Abweichung des Einzelwertes vom Median der Einzelwerte
\tilde{x}_s	Median der Abweichungen

Die Streuung kann dann robust mit dem Median der absoluten Abweichungen vom Median geschätzt werden. Der Faktor 1,483 macht den Schätzer im Fall der Normalverteilung erwartungstreu, d.h.:

$$E[\hat{\sigma}] = \sigma_{\text{normal}} \quad [27]$$

$E[\hat{\sigma}]$	Erwartungswert der medianbezogenen Standardabweichung
σ_{normal}	Standardabweichung einer Normalverteilung

Wenn man also ein dem Streufaktor σ / \bar{x} vergleichbares Maß einführen möchte, so bietet sich an (BURGER 2004):

$$V_m = \hat{\sigma} / \tilde{x}_s \quad [28]$$

Die modifizierten Kennwerte Standardabweichung $\hat{\sigma}$ [27] und Variationskoeffizient V_m [29] wurden für jede HSK_Z bzw. HSG berechnet. Die Bewertung erfolgte sowohl getrennt für die einzelnen Parameter (z.B. KAK_{pot}), als auch im Parametervergleich. Als bewertungsrelevant erwiesen sich der Median aus den parameterbezogenen Variationskoeffizienten (\tilde{x}_{vm}) aller HSK_Z bzw. HSG, sowie deren Interquartile (I_{vm}). Beide Größen geben Hinweise im Sinne einer Einschätzung der zu erwartenden Ableitungssicherheit für die jeweiligen Parameter. Die Bewertung konzentriert sich auf eine rein inhaltliche Sicht auf die Daten und unterscheidet sich damit von anderen Ansätzen, die wie HANNEMANN (2003) eine raumbezogene Sicht anstreben.

Eine hohe zu erwartende Ableitungssicherheit eines Parameters zeichnet sich durch die Nähe von \tilde{x}_{vm} zum Nullwert aus (→Abbildung 60), da in diesem Fall geringe Werte von \tilde{x}_{vm} einer geringen mittleren Streuung des Parameters in den Wertegruppen der HSK_Z bzw. HSG entsprechen. Mit einem steigenden \tilde{x}_{vm} verringert sich hingegen die Ableitungssicherheit eines Parameters.

In diesem Sinne sind die Parameter Trockenrohdichte (TRD), Sandgehalt (Sand), pH-Wert (pH), Feldkapazität (FK) und mit Einschränkung nutzbare Feldkapazität (nFK) bzw. Luftkapazität (LK) als ableitungssicher einzustufen (→Abbildung 60). Als unsicher müssen die Ableitungsergebnisse für die Parameter gesättigte Wasserleitfähigkeit (kf), Schluffgehalt (Schluff) und Horizontmächtigkeit (Mächtigkeit) angesehen werden.

Neben den Medianen der parameterbezogenen Variationskoeffizienten besitzen auch die Interquartilabstände (I_{vm}) von \tilde{x}_{vm} Bedeutung für die Charakterisierung der Ableitungssicherheit von Parametern. So weisen weite Interquartilabstände auf einen indifferenten Zusammenhang zwischen Median und Ableitungssicherheit hin, da in diesem Fall für den betrachteten Parameter sowohl ableitungsstabile als auch ableitungsunstabile HSK_Z bzw. HSG in einem größeren Umfang existieren. Hingegen lassen enge Interquartilabstände eine direktere Abhängigkeit vermuten, da sich die parameterbezogenen Streuungen für die Mehrheit der HSK_Z bzw. HSG in den gleichen Dimensionen bewegen.

Für die zu bewertenden Ableitungssicherheiten ist demnach ein enger Interquartilabstand mit ei-

nem hohen \tilde{x}_{vm} der ungünstigste sowie ein enger I_{vm} mit niedrigem \tilde{x}_{vm} der günstigste Fall. Die anderen Kombinationen zwischen I_{vm} und \tilde{x}_{vm} sind in Bezug auf die Ableitungssicherheit als indifferent zu bewerten. Für Parameter mit einem weiten I_{vm} muss die Bewertung für die einzelne HSK₂ oder HSG separat erfolgen.

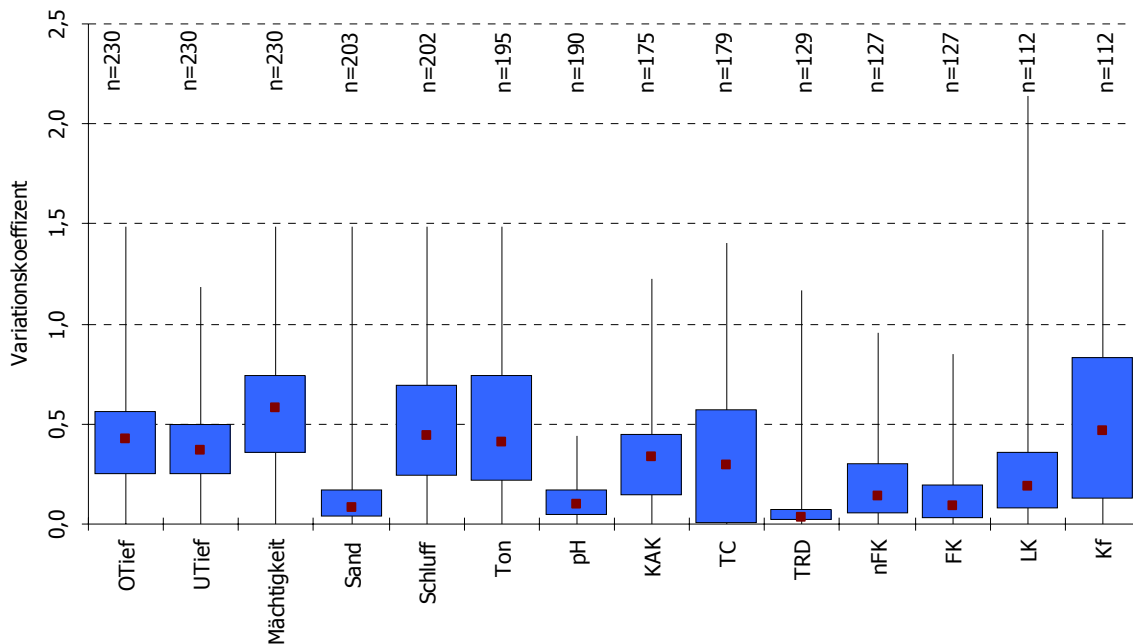


Abbildung 60: Mediane, Interquartilabstände und Spannweiten der parameterbezogenen Variationskoeffizienten \tilde{x}_{vm} der HSG

Zu bemerken ist, dass nicht nur die gemessenen Parameterwerte selbst, sondern auch deren analytische Bestimmungsmethoden oder die Art der Probenahme die Breite der Interquartile beeinflussen. Für das eigentliche Bewertungsziel ist hier jedoch weniger die Ursache, als vielmehr das Maß der zu erwartenden Ableitungssicherheit von Bedeutung. Für eine regelbasierte Bewertung der Methodenergebnisse war daher zu prüfen, inwieweit Ableitungssicherheit i.S. eines Gütemaßes klassifiziert werden kann. Ein schlüssiger Bewertungsansatz war mit der Forderung verknüpft, dass er parameterübergreifend und über alle Betrachtungsebenen hinweg zur Anwendung kommen kann.

In der Annahme, dass der Variationskoeffizient als relatives dimensionsloses Streuungsmaß die zu erwartende Ableitungssicherheit eines Parameterwertes widerspiegelt (SACHS 1997), wurde in einem ersten Ansatz die Höhe des Variationskoeffizienten (V_m) wie folgt klassifiziert:

V_m	<0,25	hohe Ableitungssicherheit
V_m	>0,25 und <0,5	mittlere Ableitungssicherheit
V_m	>0,5 und <1	geringe Ableitungssicherheit
V_m	>1	Extremwerte

Werte von $V_m > 1$ sind als Extrema herauszustellen, da in diesem Fall die Streuung innerhalb der Stichprobe größer als in der Erhebungsgesamtheit ist.

Als Bezugsgröße für die Bewertung wurde der Wert des 3. Quartils (Qv75) herangezogen. In diesem Fall verfügen $\frac{3}{4}$ der Variationskoeffizienten eines Parameters über die angenommene Ablei-

tungssicherheit. Das Ergebnis der parameterbezogenen Gruppierung zeigt die Tabelle 19. Dieser Bewertungsansatz wird im Folgenden auch auf die anderen Betrachtungsebenen (Profil- und Horizontbezug) übertragen.

Obwohl die Werte für den Median und das 3. Quartil der parameterbezogenen Variationskoeffizienten sich weitgehend in tolerablen Wertebereichen bewegen, können nur die Parameter Trockenrohdichte, Sandgehalt, die nutzungstypenbezogenen pH-Werte sowie die Feldkapazität als insgesamt ableitungssicher angesehen werden. Für sie sind neben geringen Werten für das 3. Quartil auch enge Interquartilabstände kennzeichnend (→Tabelle 19). Die nutzbare Feldkapazität steht an der Grenze zwischen einer hohen bzw. mittleren Einstufung.

Sehr hohe Interquartilabstände zeigen sich bei den Parametern Kohlenstoff (TC) und gesättigte Wasserleitfähigkeit (kf).

Innerhalb des Parameters Kohlenstoff sind es die HSK_Z bzw. HSG aus Auensedimenten und aus kalkhaltigen Substraten, die durch hohe Variationskoeffizienten auffallen. Die hohen Streuungen innerhalb der Auensedimente werden durch unspezifische Gehalte an organischen Kohlenstoff und kennzeichnungsbedingte Unschärfen verursacht. Letztere entstehen offenbar durch eine nicht gleichsinnige bodensystematische Berücksichtigung des allochthonen Kohlenstoffs. Nicht zuletzt aus diesen Gründen ist die Systematik der Auenböden Gegenstand rezenter Diskussionen (GRÖNGRÖFT & SCHWARZ 1999, RINKLEBE et al. 2000, ALTERMANN et al. 2001). Insgesamt gelten die Auensedimente in ihren stofflichen Eigenschaften als unstat (SCHWARZ 2001). Aus diesem Grund wird in einer Reihe von Arbeiten auf die Kennzeichnung mittlerer stofflicher Eigenschaften der Auensedimente bewusst verzichtet (UTERMANN et al. 1999, LABO 2003) oder besitzen einen Geltungsanspruch für begrenzte Auengebiete (SCHWARZ 2001, RINKLEBE 2004). Für den Zieldatensatz zur BÜK 300 bleiben die Auen-sedimente aber dennoch Teil des Bewertungsspektrums, da der Anspruch auf eine flächen-deckende Arealkennzeichnung zielt.

Tabelle 19: Klassifizierung der Ableitungssicherheiten, \tilde{X}_{Vm} = Median der parameterbezogenen Variationskoeffizienten, $Qv1=1.$ Quartil, $Qv3=3.$ Quartil, I_{Vm} =Interquartilabstand des \tilde{X}_{Vm}

Parameter	\tilde{X}_{Vm}	Qv1	Qv3	I_{Vm}	Anzahl HSK _Z	Ableitungssicherheit
TRD	0,04	0,02	0,08	0,06	129	hoch
Sand	0,08	0,03	0,17	0,14	203	
FK	0,09	0,03	0,19	0,17	127	
pH	0,10	0,04	0,17	0,13	190	
nFK	0,14	0,05	0,30	0,25	127	
LK	0,19	0,07	0,36	0,29	112	mittel
TC	0,30	0,00	0,57	0,57	179	
KAK	0,33	0,14	0,45	0,31	175	
UTief	0,37	0,25	0,49	0,25	262	
Ton	0,40	0,21	0,74	0,53	195	
OTief	0,42	0,25	0,57	0,32	217	niedrig
Schluff	0,44	0,23	0,70	0,46	202	
kf	0,46	0,12	0,83	0,71	112	
Mächtigkeit	0,58	0,35	0,74	0,39	230	

Im Falle der kalkhaltigen Substrate zeichnen sich insbesondere Substrate mit sekundärer Kalkanreicherung und Sondersubstrate wie Mudde und Wiesenmergel durch höhere Streuungen aus. Die Variationskoeffizienten der Muddenhorizonte liegen für eine Reihe von Parametern (z.B. Kornfraktionen oder Kationenaustauschkapazität) deutlich über $V_m=1$ oder am oberen Ende des parameterbezogenen Wertespektrums. Hier besteht offenbar eine Diskrepanz zwischen der bodensystematischen Gruppenbildung und den stofflichen Eigenschaften der HSK_Z). Durch eine hohe Variabilität zeichnen sich auch die organischen Auflagenhorizonte aus (BARITZ 2003, GREIFENHAGEN 2004). Wie bei den Torfhorizonten bestimmt hier der Anteil der mineralischen Beimengungen die

stofflichen Eigenschaften stärker, als es über die bestehenden systematischen Kennzeichnungsregeln ausgedrückt werden kann.

Weitere Unsicherheiten bestehen bei den Aeh- bzw. Ahe-Horizonten, wo die verwendete bodensystematische Dominanzregelung sich nicht gleichermaßen in den Messwerten widerspiegelt. Als weitgehend ableitungssicher können hingegen C-, G- und H-Horizonte gelten.

Herauszustellen sind die Unterschiede zwischen den Kornfraktionen. Während für die Sandgehalte eine hohe Ableitungssicherheit zu erwarten ist, erscheinen die Ableitungsergebnisse für die Ton- und Schluffgehalte als unsicher. Die Betrachtung der Mediane der Variationskoeffizienten auf Basis der einzelnen Bodenartenhauptgruppen erlaubt eine differenziertere Sicht auf die Ableitungssicherheit. Es zeigt sich eine Abhängigkeit zwischen den Variationskoeffizienten der Kornfraktionen und den Bodenartenhauptgruppen.

Während innerhalb der Bodenartenhauptgruppe Sand der Wert für $\tilde{\chi}_{vm}[S]$ als niedrig und für $\tilde{\chi}_{vm}[T]$ als hoch einzustufen ist, kehren sich die Verhältnisse in den Bodenartenhauptgruppen Schluff und Ton um (→Tabelle 20). Die ausgewogenen Verhältnisse für die Lehmsande bzw. Lehme lassen sich durch deren Eigenschaft als Korngemische deuten. Die Dominanz der Sandsubstrate innerhalb des Gesamtdatenspektrums determiniert folglich auch die Relationen zwischen den Medianen der Variationskoeffizienten (→Abbildung 60). Eine Bewertung der Ableitungssicherheit der Kornfraktionen ist daher nur auf Basis der Bodenarten(haupt)gruppen sinnvoll.

Tabelle 20: Mediane der Variationskoeffizienten für die Kornfraktionen ($\tilde{\chi}_{vm}$) innerhalb der Bodenartenhauptgruppen

Bodenartenhauptgruppe	$\tilde{\chi}_{vm}$ Kornfraktionen		
	Sand ($\tilde{\chi}_{vm}[S]$)	Schluff ($\tilde{\chi}_{vm}[U]$)	Ton ($\tilde{\chi}_{vm}[T]$)
s	0,04	0,64	0,74
ls	0,11	0,52	0,40
l	0,18	0,32	0,23
u	0,52	0,35	0,44
t	0,63	0,30	0,41

Auf die Gründe für die höhere mittlere Streuung des Parameters Horizontmächtigkeit wurde bereits im Abschnitt 5.4.2.1 eingegangen. So beschränkt sich der Umfang an HSK_z , für die eine mittlere Mächtigkeit regelhaft ableitbar ist, ohnehin auf jede, die dem Verteilungstyp A entsprechen. Darüber hinaus unterliegt der Parameter Horizontmächtigkeit den stärksten Anpassungszwängen bei der Synthese zu Horizont-Substrat-Abfolgen (→5.4.3). Dennoch ist die Betrachtung der Ableitungssicherheit für die tiefenbezogenen Angaben notwendig, da sie für die Bewertung der Stoffvorräte und des Wasserhaushalts von Bedeutung sind.

In der Diskussion zur Nutzung des parameterbezogenen Variationskoeffizienten als Indikator für die zu erwartenden Ableitungssicherheiten ist zu berücksichtigen, dass die berechneten Variationskoeffizienten (noch) nicht in allen Fällen auf der angestrebten Mindestdatendichte von $n_{HSKE} > 20$ beruhen. Werden für die Berechnung von $\tilde{\chi}_{vm}$ nur jene HSK_z akzeptiert, die dem Kriterium der Mindestdatendichte genügen, wirkt sich das auf die Interquartilabstände verengend aus. Der parameterbezogene Median wird hingegen kaum beeinflusst. Die Festsetzung der Mindestdatendichte als obligates Kriterium hätte hingegen das Spektrum an diskussionsfähigen HSK_z auf ein geringeres und damit weniger repräsentatives Maß begrenzt.

In einem weiteren, parameterübergreifenden Ansatz wurde versucht, über eine hierarchische Clusterung der parameterbezogenen Variationskoeffizienten, ableitungssichere von ableitungsunsicheren Horizont-Substrat-Kombinationen (-Gruppen) abzutrennen. In die Clusterung (Quadrierte Euklidische Distanz, Fusionierung nach dem WARD-Verfahren, SACHS (1997)) konnten 73 HSK_z einbezogen werden, da sie über ein vollständiges Parameterspektrum verfügten. Die stärker streuenden, weniger ableitungssicheren Parameter beeinflussen auch hier die Gruppenbildung. So sind in der zu favorisierenden 4 Gruppenlösung (→Tabelle 21) der kf-Wert verantwortlich für die Gruppe 1, die Schluff- bzw. Tongehalte für die Gruppe 3 sowie die Kornfraktionen und die Trockenrohdichte für die Gruppe 4. In der Gruppe 2 besitzen alle Parameter mittlere Streuungen. Die

Liste mit den Zugehörigkeiten der einzelnen HSK_Z zu den Clustern befindet sich in der Anlage.

Inhaltlich setzt sich die Gruppe 1 überwiegend aus HSK_Z (n=19) mit einem erhöhten Feinbodenanteil zusammen. Die Gruppenmitglieder zeichnen sich durch überwiegend höhere Streuungen in den kf-Werten ($\hat{=}$ ableitungsunsicher) und geringere Streuungen für die Kornfraktionen aus (\rightarrow Tabelle 21). Für die anderen Parameter bewegen sich die Streuungskennwerte (Mediane der Variationskoeffizienten) in unauffälligen Größenordnungen (\rightarrow Anhang).

In der Gruppe 2 zeigen sich trotz eines relativ breiten inhaltlichen Spektrums keine Auffälligkeiten, sie ist mit 38 HSK_Z die größte Gruppe. Die Mitglieder dieser Gruppe können als relativ ableitungs-sicher angesehen werden.

Für die Gruppe 3 (n_{HSK_Z}=12) sind hohe Streuungen für die Kornfraktionen Ton bzw. Schluff, sowie geringe Streuungen für die Parameter gesättigte Wasserleitfähigkeit (kf) und Kohlenstoff (TC) kennzeichnend. Inhaltlich besteht diese Gruppe aus sehr feinerde- und humusarmen Horizont-Substrat-Kombinationen. Die insgesamt geringen Kohlenstoff- und hohen Sandgehalte der Gruppenmitglieder erklären die geringen gruppenbezogenen Streuungen für die Parameter TC und Kf (HARTGE & HORN 1992). Auf den Zusammenhang zwischen der Streuung der Kornfraktionen und den Bodenartenhauptgruppen wurde bereits eingegangen.

Tabelle 21: Parameterbezogene Gruppenmittelwerte und t-Werte für die 4-Gruppen-Clusterlösung

Parameter	Gruppe1		Gruppe2		Gruppe3		Gruppe4	
	$\bar{x}_{vm}[G1]$	t-Wert	$\bar{x}_{vm}[G2]$	t-Wert	$\bar{x}_{vm}[G3]$	t-Wert	$\bar{x}_{vm}[G4]$	t-Wert
Kf	1,05	1,05	0,37	-0,39	0,25	-0,64	0,87	0,65
TC	0,54	0,33	0,43	-0,02	0,25	-0,58	0,56	0,39
KAKpot	0,32	-0,27	0,37	-0,03	0,44	0,28	0,53	0,71
pH	0,10	-0,51	0,17	0,24	0,14	-0,18	0,21	0,66
Fk	0,17	0,22	0,11	-0,17	0,14	0,05	0,20	0,47
nFk	0,30	0,40	0,14	-0,36	0,25	0,18	0,41	0,96
TRD	0,16	0,41	0,03	-0,31	0,02	-0,34	0,45	1,99
Ton	0,37	-0,55	0,44	-0,39	1,27	1,46	1,48	1,93
Schluff	0,27	-0,76	0,47	-0,26	1,07	1,31	1,37	2,10
Sand	0,35	0,36	0,10	-0,36	0,08	-0,43	1,23	2,96
LK	0,69	0,95	0,22	-0,35	0,20	-0,40	0,35	0,01

Die vierte Gruppe besteht nur aus wenigen Mitgliedern (n_{HSK_Z}=4) und setzt sich aus HSK_Z zusammen, die in ihrer Genese alle einen organogenen bzw. limnischen Hintergrund besitzen. Hinsichtlich der Kennwerte fallen sie durch erhöhte Streuungen für die Kornfraktionen und die Trockenrohdichte (TRD) auf. Die Tauglichkeit der Körnungsdaten für Torfe ist aus analytischer Sicht sicherlich grundsätzlich in Frage zu stellen. Sie sind folglich auch nicht Bewertungsgegenstand. Interessanter ist hingegen die hohe Variabilität der Trockenrohdichte für die organogenen und limnischen Sedimente. Die Einzelwerte liegen zwar alle deutlich unter den Trockenrohdichten von terrestrischen HSK_Z, im Vergleich zueinander schwanken sie aber in einem wesentlich höheren Maße. Verantwortlich hierfür sind die systematisch nicht relevanten Anteile von „mineralischen Beimengungen“. Gleiche Tendenzen zeigen sich auch bei den Streuungswerten für organischen Auflagen. Die hohen Streuungen beschränken sich hierbei nicht nur auf die zur Gruppenbildung führenden Parameter, sondern zeigen sich parameterübergreifend. Dies führt dazu, dass auf Basis der derzeitigen systematischen Kennzeichnungsregeln die HSK_Z aus organogenen und limnischen Sedimenten insgesamt als ableitungsunsicher eingestuft werden müssen. Auf eine mittlere Variabilität, auch für die an sich ableitungssicheren Parameter wie die (nutzbare) Feldkapazität, verweisen KOEPKE (1989), ZEITZ (1992) und SCHWÄRZEL et al. (2002).

Eine abschließende Auswertung der parameterübergreifenden Ableitungssicherheit ist aber, insbesondere durch den begrenzten Datenhintergrund an bodenphysikalischen Analysendaten (pF, Kf), z.Z. nicht möglich. Die parameterbezogenen Variationskoeffizienten können nicht durchgängig für alle HSK_Z Varianten berechnet werden, da für einen Teil die Mindeststichprobenanzahl nicht ausreicht (\rightarrow Abbildung 62).

6.2 Ableitungsebene Profilbezug

In der Ebene Profilbezug erfolgt die Synthese der Horizontdaten zu einem flächenbezogenen Gesamtprofil. Kennzeichnungsbasis bilden die für das Zielniveau abgeleiteten HSK_Z bzw. HSG. Sie werden zu Horizont-Substrat-Abfolgen (HSA) zusammengesetzt und ergeben inklusive der Parameterdatensätze den Bodenformenbeschrieb (→Abbildung 61). Eine Flächenbodenform gilt als beschrieben, wenn ihre Horizont-Substrat-Abfolge vollständig mit abgeleiteten Horizontdaten „bestückt“ werden kann.

Flächenbodenformenarchiv BÜK 300

parameterisierte Bodenform (landwirtschaftlicher Nutzungsbezug):
LF-BB:p-ls(Sp)/g-el(Mg)

Deckungs-grad (ha)	Frequenz	rel. Deckungs-grad (%)	rel. Frequenz (%)	rel. Flächen-gewicht (%)	Verbreitungs-grad
19645	87	0,64	0,61	0,63	3

Bezug zur Blattlegendeinheit (BÜK 300)

Leg_nr	Deckungs-grad (ha)	Frequenz	rel. Deckungs-grad	rel. Frequenz (%)	rel. Flächen-gewicht (%)
53	7687	33	0,26	0,24	0,25
54	11648	52	0,39	0,37	0,38

Hor	HSK	Tiefen + Mächtigkeiten (cm)										pH - Werte / Kalk (M.-%)									
		Tiefe	P25	P75	n	V	verbal	Mächt	P25	P75	n	V	verbal	CaCl2	Klasse	P25	P75	n	V	verbal	Kalk
1	Ap:p-ls(Sp)	30	25	30	968	0,25	h	30	25	30	969	0,25	h	6,1	s1	5,4	6,7	562	0,15	h	c0
2	Ael-Bv:p-ls(Sp)	50	42	60	80	0,30	m	20	15	25	80	0,37	m	6,3	s1	5,0	6,6	43	0,19	h	c0
3	Ael:p-ls(Sp)	65	48	70	362	0,25	h	20	15	25	362	0,37	m	6	s2	5,1	6,2	173	0,15	h	c0
4	Bt:p-l(Mg)	105	75	120	542	0,30	m	35	25	45	542	0,42	m	6,3	s1	5,8	6,8	271	0,12	h	c0
5	elCv:q-el(Mg)	200	100	200	457	0,42	m	40	28	60	457	0,58	n	7,5	a1	6,9	7,8	238	0,08	h	c3.4
		0																			

Abbildung 61: Beispiel für eine parametrisierte Flächenbodenform (Auszug aus dem Flächenbodenformenarchiv)

Das für den Zieldatensatz notwendige Bodenformenspektrum entspricht dem Flächenbodenformenarchiv (→3.3.1). Inhaltlich identische Bodenformen werden im Archiv nur einmal geführt. Sie befinden sich in einer 1:n-Beziehung zu den Legendeinheiten und stellen den Arealbezug zum Flächendatensatz her. Das Flächenbodenformenarchiv umfasst z.Z. 291 verschiedene Bodenformen⁶⁸ und kennzeichnet durch die 1:n-Beziehung 421 legendebeschreibende Bodenformen.

Für den Erfolg des Profilbezugs ist der Ableitungsumfang (→6.2.1) und die Ableitungssicherheit (→6.2.2) von Bedeutung. Der profilbezogene Ableitungsumfang kennzeichnet den mit Flächenbodenformen einer definierten Datenanzahl beschreibbaren Anteil am Bodenformenspektrum. Die profilbezogene Ableitungssicherheit gibt Hinweise, welche Ableitungsgüte für die Parameterwerte der Horizont-Substrat-Abfolge einer Flächenbodenform zu erwarten ist.

6.2.1 Profilbezogener Ableitungsumfang

Der erzielbare Profilbezug ist in seinem Ausmaß grundsätzlich mit den horizontbezogenen Ergebnissen vergleichbar (→6.1.1). Letztere wirken sich direkt, wenn auch in unterschiedlicher Weise, auf die Profilebene aus. Ein Großteil der Horizont-Substrat-Kombinationen bzw. -Gruppen stehen in einer 1:n-Beziehung mit den Flächenbodenformen. Sie sind damit i.d.R. ein elementarer Bestandteil von mehreren Horizont-Substrat-Abfolgen. Das hat zur Folge, dass auch die mit geringen Stichprobenumfängen ausgestatteten HSK_Z bzw. HSG sich in der Profilebene „negativ vervielfachen“. Dieser Effekt erklärt, warum sich der Anteil von nicht oder nur eingeschränkt beschreibbaren Flächenbodenformen gegenüber den Anteilen des horizontbezogenen Ableitungsumfangs

⁶⁸ Da der Flächendatensatz dynamischen Charakter besitzt und durch den Kartierfortschritt Änderungen unterliegt, ist der Umfang des Flächenbodenformenarchivs nicht feststehend.

relativ erhöht (→Abbildungen 59 und 62). Ein Profilbezug zu 100 % ist dann gegeben, wenn alle HSK_Z bzw. HSG die für die Beschreibung einer Horizont-Substrat-Abfolge notwendig in dem entsprechenden Umfang verfügbar sind.

Erwartungsgemäß verringert sich die Anzahl an Flächenbodenformen deren Horizont-Substrat-Abfolgen vollständig mit Schicht- bzw. mit Analysendaten gekennzeichnet werden können mit zunehmenden Mindeststichprobenumfang (→Abbildung 62). Mit mindestens einem Datensatz pro Horizont lässt sich zwar ein Großteil der Flächenbodenformen absichern (80 %). Im Falle der angestrebten horizontbezogenen Stichprobenanzahl von $n_{HSKE} > 20$ reduziert sich der charakterisierbare Anteil des Flächenbodenformenspektrums jedoch deutlich. Unter Nutzung der HSK_Z können mit dieser Datendichte 24,5 % und auf Basis der HSG 36,6 % der Flächenbodenformen beschrieben werden. Für die Analysendaten fällt diese Reduzierung mit 12,4 % (HSK_Z) bzw. mit 20,3 % (HSG) noch deutlicher aus.

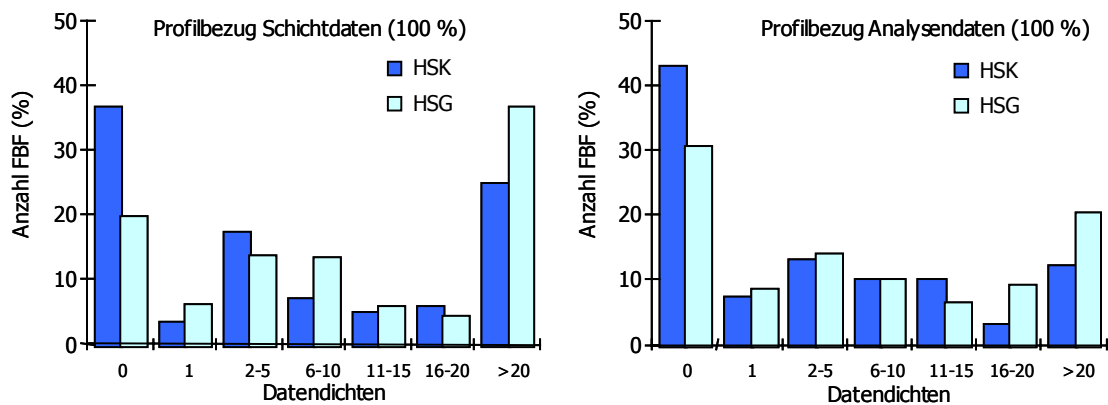


Abbildung 62: Klassenbezogene Datendichten für die Kategorien HSK_Z und HSG für die Ableitungsziele Schichtdaten und Analysendaten bei vollständigem Profilbezug (100%)

Ein akzeptabler Datenhintergrund für die Charakterisierung der Flächenbodenform lässt sich nur mit der Kategorie der Horizont-Substrat-Gruppe realisieren. Diese stehen damit auch im Mittelpunkt der weiteren Betrachtung.

Die qualitative Forderung, die definierte Mindestdatendichte nicht nur für einen Horizont, sondern für die gesamte Abfolge abzusichern, begrenzt die Anzahl der Flächenbodenformen, die diesem Kriterium folgen. Dies trifft insbesondere auf die „anthropogenen“ Bodenformen bzw. auf die Bodenformen mit anthropogenen Anteilen zu, deren Horizont-Substrat-Abfolgen sich nur eingeschränkt mit abgeleiteten Parametern verknüpfen lassen.

Diese Betrachtungsweise setzt jedoch voraus, dass alle Elemente einer Horizont-Substrat-Abfolge gleichermaßen über diese Stichprobenanzahl verfügen. Schränkt man die Anforderungen an den Stichprobenumfang insofern ein, dass mindestens 75 % der Horizont-Substrat-Abfolge mit einem Datenumfang von $n_{HSKE} > 20$ abzusichern ist, so verläuft die Reduktion des Profilbezugs weit weniger extrem (→Abbildung 63). In diesem Fall kann eine wesentlich größere Anzahl der Flächenbodenformen mit einem umfangreicheren Datenhintergrund beschrieben werden (61 %).

Die formale Bewertung der beschreibbaren Anteile am Flächenbodenformenspektrum berücksichtigt nur einen Aspekt des profilbezogenen Ableitungserfolges. Innerhalb des Flächendatensatzes besitzen die einzelnen Flächenbodenformen eine unterschiedliche Bedeutung. Als Maß hierfür können die Verbreitungsgrade der Flächenbodenformen gelten (→3.3.2, Anlage Tabelle 7). Die Betrachtung des Ableitungserfolges in Abhängigkeit der Verbreitungsgrade führt zu einem relevanteren Bewertungsergebnis. Von besonderem Interesse sind jene Flächenbodenformen, die sich durch einen hohen (V4) bzw. mittleren Verbreitungsgrad (V3) auszeichnen. Sie bestimmen durch ihren hohen Deckungsgrad und/oder ihre hohe Frequenz 56,4 % (V4) bzw. 36,7 % (V3) den Inhalt der betreffenden Areale.

Als positives Methodenergebnis kann daher gelten, dass die Flächenbodenformen mit einem hohen

Verbreitungsgrad ($n_{\text{FBF}}[\text{V4}]=22$) nicht nur zu über 90 % mit Schichtdaten und zu 54% mit Analysendaten beschrieben werden können, sondern die Ableitungsergebnisse auch auf einer hohen Datendichte beruhen ($n_{\text{HSKE}} > 20$). Werden für die Ableitung auch mittlere Datendichten akzeptiert ($n_{\text{HSKE}} > 10$), so lassen sich die Flächenbodenformen auch zu 90 % mit Analysendaten beschreiben. Lediglich eine Bodenform mit einem hohen Verbreitungsgrad (AB-GG-SS:fo-t(Lf)//fo-ls(Sf)) bleibt ohne Verknüpfungserfolg, da deren Horizontabfolge nicht vollständig mit Eingangsdaten verknüpft werden kann.

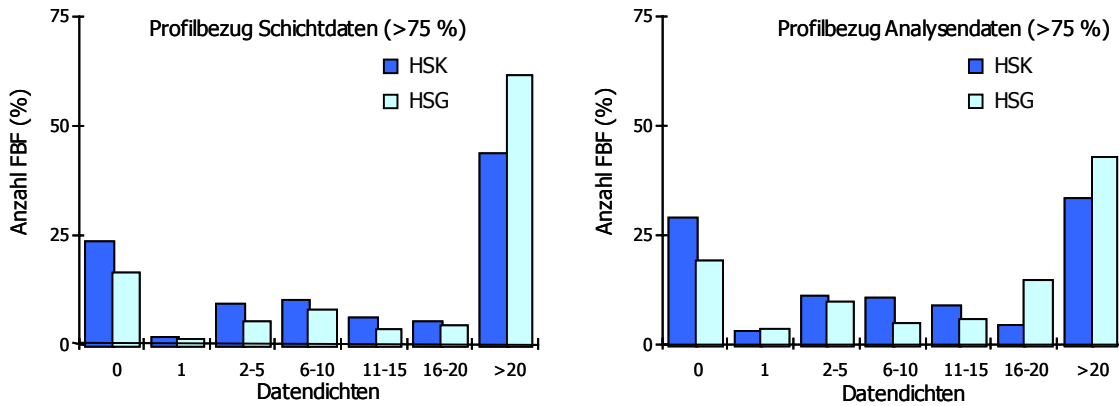


Abbildung 63: Klassenbezogene Datendichten für die Kategorien HSK_z und HSG für die Ableitungsziele Schichtdaten und Analysendaten bei unvollständigem Profilbezug (75%)

Für die Flächenbodenformen mit einer mittleren Verbreitung ($n_{\text{FBF}}[\text{V3}]=120$) zeigt sich ein heterogeneres Ableitungsergebnis. Hier reduziert sich der Verknüpfungserfolg bei einer hohen Datendichte auf 42 % für die Schichtdaten (SD) und auf 23 % für die Analysendaten (AD). Auf einer mittleren Datendichte von ($n_{\text{HSKE}} > 10$) basieren aber immerhin noch 58 % (SD) bzw. 41 % (AD) der Flächenbodenformen.

Nur unvollständig können hingegen 13 (SD) bzw. 21 (AD) Flächenbodenformen beschrieben werden. Für diese Bodenformen besteht zunächst die Notwendigkeit, die Horizont-Substrat-Abfolge mit zugewiesenen Parametern „aufzufüllen“. Gleichzeitig leitet sich aus diesen Datenlücken aber auch eine Prioritätenliste von Flächenbodenformen ab, die zukünftig vordergründig zu untersuchen, bzw. als Datenpools zu erschließen sind.

Inhaltlich besteht diese Prioritätenliste aus fast ausschließlich aus den Bodenformen der Bergbaufolgelandschaften und der Auengebiete. Für die Bergbaufolgelandschaften sind diese Lücken weniger eine Folge von Kenntnis- oder Forschungsdefiziten (HÜTTL et al. 1999, KNOCH 1999, EMBACHER 2000, HANGEN 2003), sondern vielmehr ein Datenquellenproblem. So waren bisher nur die flächenbezogenen Kartielergebnisse (VOGEL 1999), ohne die zugehörigen Punktdaten verfügbar.

Für die Flächenbodenformen der Auengebiete besteht ein inhaltlicher Konflikt zwischen den Eingangs- und den Zieldaten. Beide Datensätze lassen sich in ihren systematischen Kennzeichnungsprinzipien offenbar nicht ausreichend harmonisieren. Die Datenquellen liefern zwar erhebliche Datenumfänge (→4.2.1), sie bestehen aber fast ausschließlich aus Altdaten (PRODAT, SEB →Tabelle 7) und mussten erst in einen aktuellen Kennzeichnungsstandard überführt werden. Im Übersetzungsprozess existieren wiederum Unschärfen insbesondere in der bodensystematischen Handhabung von allochthonem Humus sowie in der Abgrenzung von Stau- bzw. Grundwassereinflüssen.

6.2.2 Profilbezogene Ableitungssicherheit

In der Synthese zu einer Flächenbodenform müssen die für die HSK_z oder HSG ermittelten Parameter auf ihre Gültigkeit innerhalb der jeweiligen Horizont-Substrat-Abfolge hinterfragt werden. Eine Überprüfung ist sowohl für die horizont- und als auch für die stoffbeschreibenden Parameter erforderlich. In deren Ergebnis kann sich die Notwendigkeit von Anpassungen an bodenformen- oder regionalspezifische Besonderheiten ergeben. Sie müssen aber im Sinne der methodischen

Reproduzierbarkeit der Ergebnisse in ihrem Ausmaß begrenzt werden.

Ein direkter Vergleich der Ableitungsprodukte mit den Daten konkreter Punktbodenformen (PBF) ist nur bedingt bzw. nur für einen geringeren Teil der Flächenbodenformen möglich, da die beiden Kategorien sich i.d.R. in ihren inhaltlichen Spektren und ihren systematischen Kennzeichnungs-niveaus voneinander unterscheiden (→2.4.6).

Im Ergebnis einer systematischen Generalisierung der Profilkennzeichnung der Punktbodenformen (Eingangsdaten) ist unter der Voraussetzung $n_{PBF} \geq 5$ ein Vergleich mit 37 Flächenbodenformen (Zieldaten) möglich. Im Folgenden sollen die Ergebnisse der Gegenüberstellung beider Kategorien exemplarisch an einer Flächenbodenform (LF-BB:p-ls(Sp)/g-el(Mg)) diskutiert werden. Für den Vergleich von **bodenformenunabhängigen** (HSK_Z) und **bodenformenabhängigen** Ableitungsergebnissen (Punktprofile) können in diesem speziellen Fall 12 erhobene Profile aus dem Eingangsdatenbestand herangezogen werden. Zur Diskussion bieten sich die Parameter Horizontmächtigkeit, potenzielle Kationenaustauschkapazität, Tongehalt, pH-Wert und Trockenrohdichte an. Sie sind einerseits essentielle Parameter für ein Großteil bodenkundlicher Auswertemethoden (HENNING 2002) und decken andererseits das Spektrum der parameterbezogenen Ableitungssicherheiten i.S. der Tabelle 19 ab.

Der Parameter **Horizontmächtigkeit** gilt als relativ ableitungsunsicher. Er besitzt im Vergleich zu den anderen Zielparametern den höchsten Median für den parameterbezogenen Variationskoeffizienten ($\tilde{\chi}_{vm}=0,58$) sowie einen mittleren Interquartilabstand ($I_{vm}=0,39$, →Tabelle 19). Die Horizontmächtigkeit unterliegt zudem, als horizontbeschreibendes Merkmal, den größten Anpassungszwängen innerhalb der Horizont-Substrat-Abfolge einer Flächenbodenform. Die Güte der abgeleiteten tiefenbezogenen Angaben kann neben der Bewertung der Variationskoeffizienten auch mit der in der Formel [24] aufgestellten Beziehung überprüft werden.

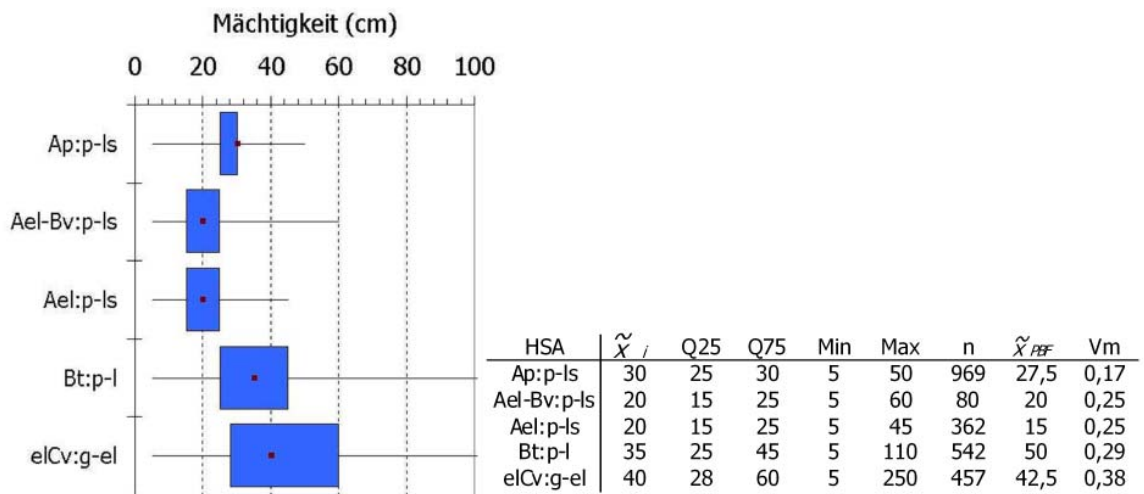


Abbildung 64: Bodenformenunabhängig abgeleitete Mediane ($\tilde{\chi}_i$), Quartile (Q25, Q75), horizontbezogene Variationskoeffizienten (Vm), Stichprobenumfang (n), bodenformenabhängige Mediane ($\tilde{\chi}_{PBF}$) für eine Horizont-Substrat-Abfolge (Beispiel Horizontmächtigkeit)

Im Vergleich der Streuungskennwerte liegen die Werte für den Variationskoeffizienten (V_m) der einzelnen HSK_Z (→Tabelle 19, Abbildung 64) deutlich unter dem Median und dem 3. Quartil des parameterbezogenen Variationskoeffizienten ($\tilde{\chi}_{vm}=0,58$, $Q_{v75}=0,74$). Insofern besitzen die für das Beispiel ermittelten Horizontmächtigkeiten eine höhere zu erwartende Ableitungssicherheit, als dem „unsicheren“ Parameter Horizontmächtigkeit zugerechnet wird. Die geringe Streuung für den **Ap-Horizont**, ist bearbeitungsbedingt. Der mächtigkeitsnivellierende Effekt der Pflugtiefe bewirkt das Zusammenfallen des Wertes für den Median ($\tilde{\chi}_i$) mit dem Wert für das obere Quartil (Q75). Für die Bewertung der Ableitungsgüte ist für diesen Parameter jedoch nicht nur die Streuung, sondern auch die Zugehörigkeit zu einem Verteilungstyp (→5.4.2) von Bedeutung.

Da die **Ael-Bv-** bzw. **Ael-Horizonte** dem Verteilungstyp A entsprechen und sich somit durch geringere Streuungen auszeichnen, sind auch deren Ableitungsergebnisse als relativ sicher einzustufen.

Für den Ael-Horizont unterscheidet sich die ermittelte Horizontmächtigkeit zwischen dem bodenformenunabhängigen ($\tilde{x}_i = 20\text{cm}$) und dem bodenformenabhängigen Ableitungsergebnis ($\tilde{x}_{PBF} = 15\text{cm}$). Die mittlere Mächtigkeit dieses Horizontes wird auf Basis der gegenübergestellten Punktprofile geringer geschätzt. Allerdings ist der Stichprobenumfang der bodenformenabhängigen Ergebnisse mit $n_{PBF} = 12$ erheblich geringer als für den profilunabhängigen Gesamtdatenpool ($n_{HSK_z} = 362$).

Die Mächtigkeitswerte für die Streuungsparameter des **Bt**- bzw. des **elCv**-Horizontes liegen sowohl für den Variationskoeffizienten, als auch für den Interquartilabstand deutlich höher als für die hangenden HSK_z. Unter Berücksichtigung der Zugehörigkeit zu den Verteilungstypen muss das Ableitungsergebnis für den Bt-Horizont (Typ B) als mittel- sowie für den elCv-Horizont (Typ C) als ableitungsunsicher eingestuft werden, auch wenn die Variationskoeffizienten der Horizonte kleiner als der Median des parameterbezogenen Variationskoeffizienten sind. Die geringere Ableitungssicherheit dokumentiert sich auch in der Tatsache, dass sich das bodenformenabhängige Ableitungsergebnis ($\tilde{x}_{PBF} = 50\text{cm}$) oberhalb des 3. Quartil befindet.

Die Horizont-Substrat-Abfolge der Beispielsbodenform insgesamt, kann für den Parameter Horizontmächtigkeit als ableitungssicher eingestuft werden, auch wenn sich die Güte der Ableitungsergebnisse vom Hangenden zum Liegenden hin verschlechtert.

Die **potenzielle Kationenaustauschkapazität** zählt zu den Parametern mit einer mittleren zu erwartenden Ableitungssicherheit (→Tabelle 19). Für den horizontbezogenen Variationskoeffizienten (V_m) zeigt sich mit dem Blick auf die Horizont-Substrat-Abfolge eine Zweiteilung. Die hangenden HSK_z unterschreiten in ihren Werten für V_m geringfügig den Median des parameterbezogenen Variationskoeffizienten ($\tilde{x}_{vm} = 0,33$). Dies führt zu Abschlägen in der Bewertung der Ableitungssicherheit für die ermittelten Austauschkapazitäten. Im Vergleich mit den mittleren Werten der gegenübergestellten Punktprofile (\tilde{x}_{PBF}) wird die Austauschkapazität dieser Horizonte scheinbar unterschätzt. Für den **Ael-Bv**-Horizont führt diese Differenz zu einer anderen Klassenzugehörigkeit i.S. der KA4 (AG BODEN 1994).

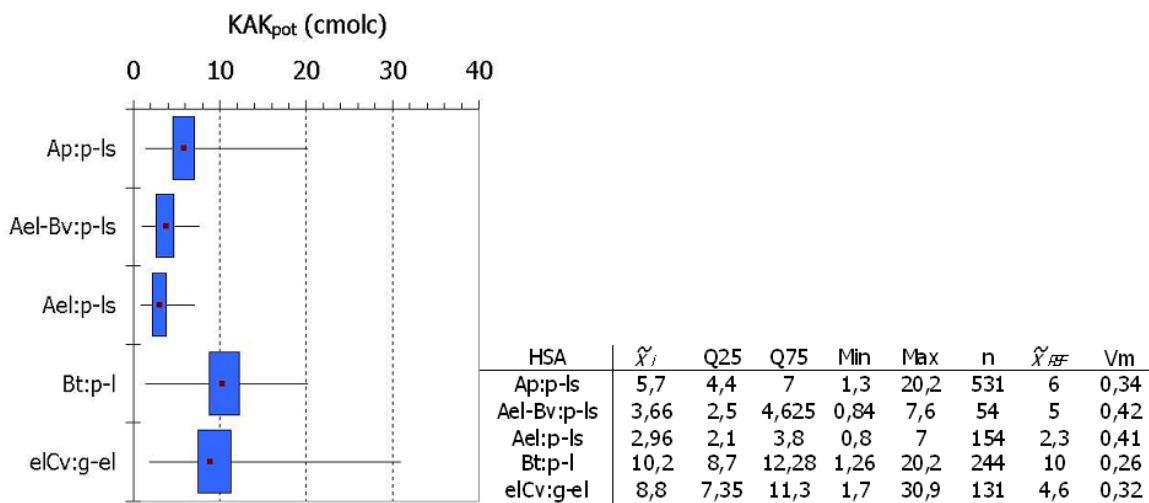


Abbildung 65: Bodenformenunabhängig abgeleitete Mediane (\tilde{x}_i), Quartile (Q25, Q75), horizontbezogene Variationskoeffizienten (V_m), Stichprobenumfang (n), bodenformenabhängige Mediane (\tilde{x}_{PBF}) für eine Horizont-Substrat-Abfolge (Beispiel potenzielle Kationenaustauschkapazität)

Die liegenden Horizonte grenzen sich gegenüber den hangenden Horizonten durch eine höhere zu erwartende Ableitungssicherheit ab. Der niedrige V_m -Wert und der enge Interquartilabstand kennzeichnen den **Bt**-Horizont als ableitungssicher. Hier besteht kein Unterschied zwischen dem bodenformenunabhängigen ($\tilde{x}_i = 10,2 \text{ cmol/kg}$) und dem bodenformenabhängigen Ableitungsergebnis ($\tilde{x}_{PBF} = 10 \text{ cmol/kg}$). Zu hinterfragen ist das Ergebnis für den **elCv**-Horizont. So wird die Austauschkapazität mit dem bodenformenunabhängigen Ansatz ($\tilde{x}_i = 8,8 \text{ cmol/kg}$) gegenüber dem bodenformenabhängigen Ansatz ($\tilde{x}_{PBF} = 4,6 \text{ cmol/kg}$) scheinbar deutlich überschätzt, zumal sich der Wert für \tilde{x}_{PBF} auch unterhalb der ersten Quartilgrenze (Q25) von \tilde{x}_i bewegt. Für diese HSK_z

ist entweder das methodische Ergebnis \tilde{x}_i ($n_{\text{HSKz}}=131$) oder der mittlere Wert aus den Vergleichsprofilen \tilde{x}_{PBF} ($n_{\text{PBF}}=4$) in Frage zu stellen. Bezieht man in die Bewertung der Vergleichsprofile die Datenherkunft (Datenqualität) mit ein, so ist festzustellen, dass die Profile mit Fremddatencharakter die relativ geringe Austauschkapazität verursachen ($n=3$). Hingegen trifft das Profil aus dem LGRB-Datenbestand ($x_i=8,1$ cmol/kg) das Ableitungsergebnis \tilde{x}_i relativ exakt ($\tilde{x}_i=8,8$ cmol/kg). Da \tilde{x}_i auf einem deutlich größeren Stichprobenumfang beruht, in dem die Werte mit einer höheren Datenqualität ein größeres Gewicht besitzen, kann die abgeleitete potenzielle Austauschkapazität für den elCv-Horizont dennoch als ableitungssicher eingestuft werden.

Der **pH-Wert** gilt innerhalb des Spektrums der Zielparameter als insgesamt ableitungssicher, da er sich durch geringe Werte für den Median ($\tilde{x}_{vm}=0,1$) bzw. für das 3. Quartil ($Qv75=0,17$) des parameterbezogenen Variationskoeffizienten sowie einen engen Interquartilabstand ($I_{vm}=0,13$) auszeichnet. Im Vergleich zu diesen mittleren Werten sind die horizontbezogenen Variationskoeffizienten mit Ausnahme des **elCv**-Horizontes etwas erhöht (\rightarrow Abbildung 66). Wie bei der potenziellen Austauschkapazität zeigen sich z.T. deutliche Differenzen zwischen den bodenformenunabhängigen (\tilde{x}_i) und den bodenformenabhängigen (\tilde{x}_{PBF}) Ableitungsergebnissen, die auch zu einer abweichenden Klassenzuordnung nach der KA4 (AG BODEN 1994) führen. Der Grad der Abweichung und die Weite der Interquartile nimmt vom Hangenden zum Liegenden ab. Damit steigt auch die Ableitungssicherheit innerhalb der Abfolge von Oben nach Unten an. Da es sich bei dem Parameter pH-Wert um einen labileren Parameter handelt (NEUMEISTER et al. 1997, SZYBALSKI 2000, SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002), ist auch hier eher den Werten mit einer größeren Stichprobenanzahl zu folgen. Eine sehr gute Übereinstimmung zeigt sich zu den mittleren Werten, die SCHRÖDER et al. 1997) für Fahlerde-Braunerden aus Sand über Lehm in Nordost-Mecklenburg angeben.

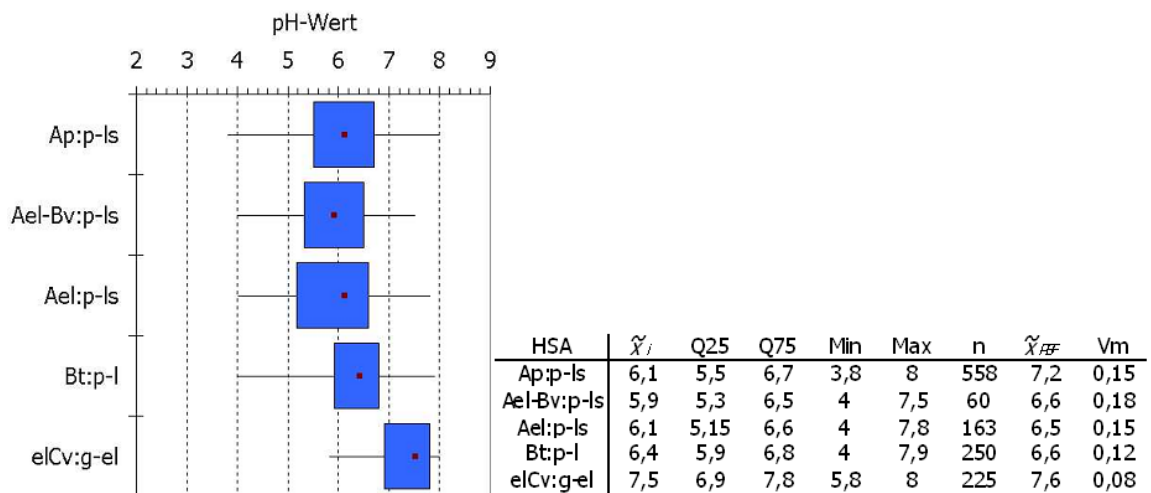


Abbildung 66: Bodenformenunabhängig abgeleitete Mediane (\tilde{x}_i), Quartile (Q25, Q75), horizontbezogene Variationskoeffizienten (V_m), Stichprobenumfang (n), bodenformenabhängige Mediane (\tilde{x}_{PBF}) für eine Horizont-Substrat-Abfolge (Beispiel pH-Wert)

Der **Tongehalt** (Masse %) zählt zu den Parametern mit einer geringeren Ableitungssicherheit ($\tilde{x}_{vm}=0,4$, $Qv75=0,74$, $I_{vm}=0,53$). Auf die Besonderheiten, die für die Bewertung der Ableitungsergebnisse von Kornfraktionen zu berücksichtigen sind, wurde bereits im Abschnitt \rightarrow 6.1.2 eingegangen. Insofern sind die Streuungskennwerte der abgeleiteten Tongehalte nur in Verbindung mit der Bodenartengruppe (\rightarrow Tabelle 20) interpretierbar. Die bestehende Abhängigkeit erklärt die z.T. höheren horizontbezogenen Variationskoeffizienten in der lehmsandigen Decke (Hauptlage) sowie die niedrigen Variationskoeffizienten in den liegenden Horizonten (\rightarrow Abbildung 66).

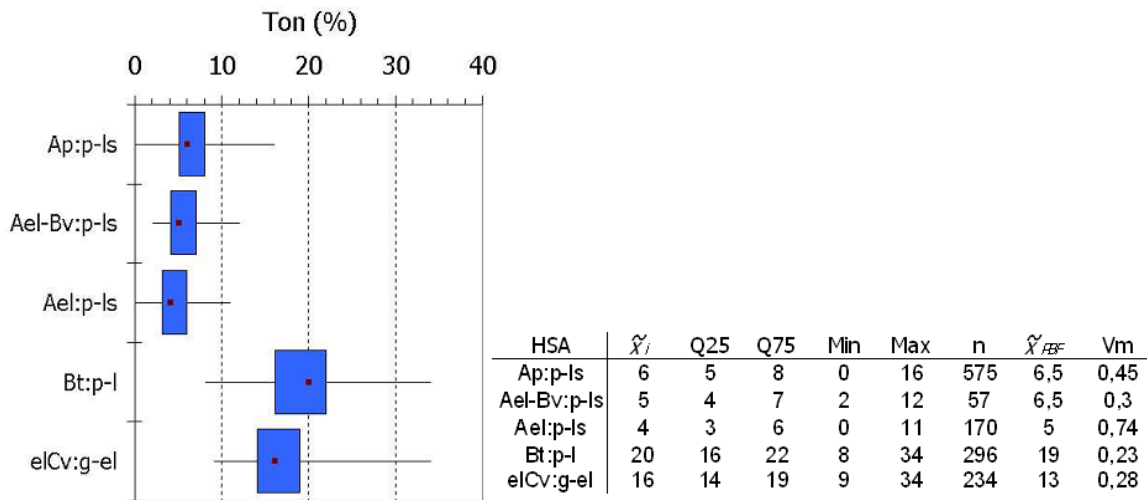


Abbildung 67: Bodenformenunabhängig abgeleitete Mediane (\tilde{x}_i), Quartile (Q25, Q75), horizontbezogene Variationskoeffizienten (V_m), Stichprobenumfang (n), bodenformenabhängige Mediane (\tilde{x}_{HBF}) für eine Horizont-Substrat-Abfolge (Beispiel Tongehalt in %)

Auf die Ursache für die etwas geringere Ableitungssicherheit der sanddominierten Horizonte wurde bereits eingegangen (→Tabelle 20). Sie wirkt sich in unterschiedlicher Weise auf das Ableitungsziel aus. So führen die Wertespanssen der Interquartile bzw. die Wertedifferenz mit den Vergleichsprofilen bis zur Ebene der Bodenartengruppen nicht zu einer abweichenden Klassenzuordnung. Ist die (mittlere) Bodenart das Ableitungsziel, so besteht eine Ableitungsunsicherheit für die Bodenarten schwach lehmiger Sand (SI2) und schwach schluffiger Sand, da sich der ermittelte Tongehalt genau auf der Grenze zwischen SI2 und Su2 befindet. In diesem Falle muss ein Abgleich mit den Ableitungsprodukten der beiden anderen Kornfraktionen des Feinbodens, sowie mit den Schätzergebnissen von Feldbefunden erfolgen.

Für die beiden liegenden Horizonte bestehen diese Unsicherheiten für die Zielgröße Bodenart nicht. Es bleibt jedoch einschränkend zu bemerken, dass für diese Horizonte die Kornfraktion Sand zwar sicher abgeleitet werden kann, deren Ableitungsgüte aber deutlich hinter den Ergebnissen für die sandigen Horizonte zurücksteht (→Anlage Bodenformenarchiv). Die etwas weiteren Interquartilabstände der liegenden Horizonte sind eine Folge der wesentlich breiteren Klassengrenzen für die Bodenarten(haupt)gruppe Lehm. Für die Kornfraktion Schluff sind die Ergebnisse insgesamt als eher unsicher einzustufen.

Die Ableitungsergebnisse für den Parameter **Trockenrohdichte** zeichnen sich insgesamt durch sehr geringe Streuungen aus. In Folge dessen ist für den Parameter ein niedriger Median des parameterbezogenen Variationskoeffizienten und ein sehr enger Interquartilabstand kennzeichnend. Dieser Umstand spiegelt sich auch in der Horizont-Substrat-Abfolge des Ableitungsbeispiels (→Abbildung 68) wider. Auch wenn die Ableitungsergebnisse nicht in Zweifel zu ziehen sind, so zeigen sich dennoch Unterschiede innerhalb der Abfolge. Bezogen auf das Wertespektrum der horizontbezogenen Variationskoeffizienten (V_m) bewegen sich die Werte für die beiden oberen Horizonte im „unsicheren“ Bereich, da sie oberhalb des 3. Quartils liegen. Als sehr ableitungssicher können hingegen die Ableitungsergebnisse der anderen Horizonte gelten.

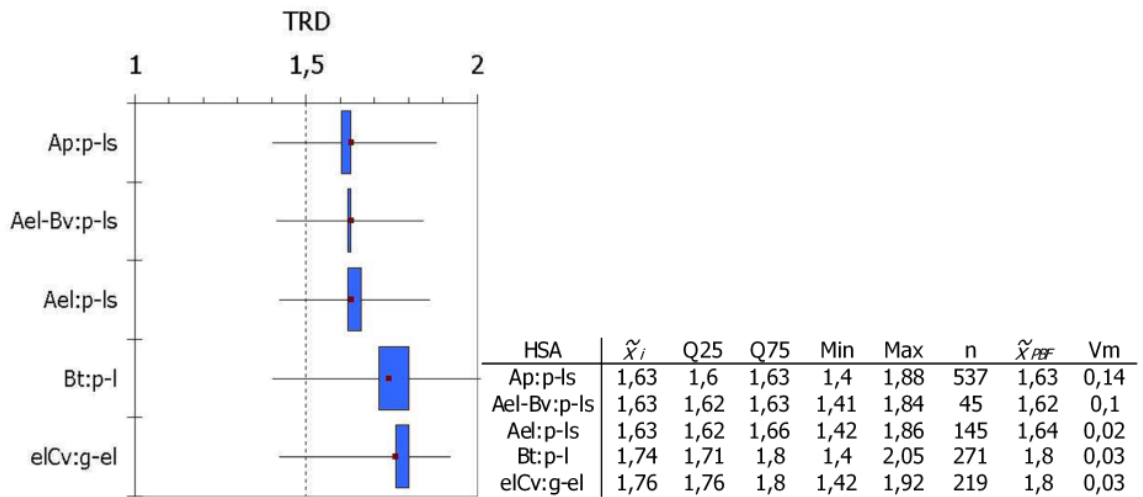


Abbildung 68: Bodenformenunabhängig abgeleitete Mediane (\tilde{x}_i), Quartile (Q25, Q75), horizontbezogene Variationskoeffizienten (V_m), Stichprobenumfang (n), bodenformenabhängige Mediane (\tilde{x}_{PBF}) für eine Horizont-Substrat-Abfolge (Beispiel Trockenrohdichte (TRD))

Die Auswertung aller Ableitungsergebnisse für die Horizont-Substrat-Abfolgen zeigt die Tauglichkeit der Streuungskennwerte (\tilde{x}_{vm} , Qv75 und V_m) zur Beurteilung der ermittelten Parameterwerte hinsichtlich ihrer zu erwartenden Ableitungssicherheit. Die Gegenüberstellung der horizontbezogenen Variationskoeffizienten (V_m) mit dem Median bzw. 3. Quartil des parameterbezogenen Variationskoeffizienten erlaubt die Charakterisierung der Ableitungsgüte sowohl für die Horizont- als auch für die Profilebene. Eine parameterübergreifende Kennzeichnung ist grundsätzlich möglich. Da der Verlauf der Ableitungssicherheiten in den Abfolgen für die einzelnen Parameter nicht gleichsinnig ist (\rightarrow Tabelle 22), erscheint die Charakterisierung der Ableitungsgüte von Horizont-Substrat-Abfolgen, respektive der Flächenbodenformen daher nur für den jeweiligen Parameter sinnvoll.

In der parameterübergreifenden Bewertung (\rightarrow Tabelle 22) erscheinen mit Ausnahme der Parameter Horizontmächtigkeit und Kohlenstoffgehalt (TC) die liegenden Horizonte ableitungssicherer als die hangenden Horizonte. Die tendenziell geringeren Ableitungssicherheiten der Oberbodenhorizonte können als eine Folge unterschiedlicher Nutzungsintensitäten (z.B. Düngung) interpretiert werden. Diese Zweiteilung zeigt sich aber auch für Parameter, die von der Nutzung relativ unabhängig sind, wie die Kornfraktionen und die Trockenrohdichte.

Tabelle 22: Variationskoeffizienten (V_m) für die Parameter einer Horizont-Substrat-Abfolge (oben) und deren verbale Klassifizierung (unten), Klassifizierungsgrenzen

Tiefe	HSK _z	Mächt.	pH(CaCl ₂)	KAKpot	TC	S	U	T	TRD	nFK	FK	LK	Kf	\tilde{x}_{vm} [HSK _z]
30	Ap:p-ls	0,25	0,15	0,34	0,30	0,12	0,35	0,49	0,10	0,14	0,18	0,35	1,14	0,27
50	Ael-Bv:p-ls	0,37	0,19	0,31	0,35	0,10	0,37	0,59	0,05	0,12	0,14	0,44	0,25	0,28
65	Ael:p-ls	0,37	0,15	0,41	0,15	0,12	0,37	0,74	0,02	0,38	0,36	0,31	0,64	0,36
105	Bt:p-l	0,42	0,12	0,26	0,49	0,21	0,31	0,23	0,03	0,25	0,10	0,29	1,28	0,25
200	elCv:g-el	0,56	0,08	0,32	0,95	0,17	0,20	0,28	0,03	0,24	0,09	0,19	1,43	0,22
\tilde{x}_{vm} [FBFp]		0,37	0,15	0,32	0,35	0,12	0,35	0,49	0,03	0,24	0,14	0,31	1,14	\tilde{x}_{vm} [FBF] 0,27
Tiefe	HSK _z	Mächt.	pH(CaCl ₂)	KAKpot	TC	S	U	T	TRD	nFK	FK	LK	Kf	
30	Ap:p-ls	h	h	m	m	h	m	m	h	h	h	m	e	
50	Ael-Bv:p-ls	m	h	m	m	h	m	n	h	h	h	m	m	
65	Ael:p-ls	m	h	m	h	h	m	n	h	M	M	m	n	
105	Bt:p-l	m	h	m	m	h	m	h	h	h	h	m	e	
200	elCv:g-el	n	h	m	n	h	h	m	h	h	h	h	e	
Mittel		m	h	m	m	h	m	m	h	h	h	m	e	

Ableitungssicherheiten h = hoch ($V_m < 0,25$), m = mittel ($V_m < 0,5$), n = niedrig ($V_m < 1$), e = extrem ($V_m > 1$)

Zwischen den Ableitungssicherheiten der Parameter zeigen sich z.T. gegenseitige Abhängigkeiten,

die auf bekannten Zusammenhängen wie Tongehalt/Humus/Austauschkapazität beruhen (HENNING 1991, SCHEFFER&SCHACHTSCHABEL 2002). Die verbale Klassifizierung der Ableitungssicherheiten (→Tabelle 22, unterer Teil) erfolgte nach den in der Tabelle 19 definierten Klassengrenzen.

Im Vergleich zum Wertespektrum der Ableitungssicherheiten für das Gesamtinventar des Ziel-datensatzes spiegeln sich in der Beispielsbodenform mittlere Verhältnisse wider.

Die parameterbezogenen Variationskoeffizienten der Horizont-Substrat-Abfolgen ($\tilde{\chi}_{vm}$ [FBFp]) wurden für alle Flächenbodenformen berechnet und in ihrer zu erwartenden Ableitungssicherheit bewertet (→Tabelle 22, unterer Teil). Sie bilden die Voraussetzung für die sich anschließenden Betrachtungen zur arealbezogenen Ableitungssicherheit (→6.3.2). Zu überdenken ist, inwieweit für die Kennzeichnung der Ableitungssicherheit einer Horizont-Substrat-Abfolge die Variationskoeffizienten über die Horizontmächtigkeiten zu wichten sind.

Die Variationskoeffizienten der Flächenbodenformen besitzen einen z.T. sehr deutlichen Parameterbezug. So fallen stärker humose Bodenformen (z.B. Anmoorgleye) sowie Bodenformen mit höheren Kalkgehalten (Kalkgleye aus Wiesenmergel) durch sehr hohe Streuungen für den Parameter potenzielle Kationenaustauschkapazität auf. Bodenformen mit Torfen und/oder Mudden zeichnen sich durch erhöhte Unsicherheiten für den Parameter Trockenrohdichte aus. SCHÄFER (1996) gibt hingegen deutlich geringere Streuungen für die Trockenrohdichte von Torfhorizonten an. Als Ursache für die höheren Streuungen kann neben den stark wechselnden Anteilen von mineralischen Beimengungen auch die Bearbeitungsintensität angesehen werden. So beschreibt SUCCOW (1988) eine erhebliche Erhöhung der Trockenrohdichten innerhalb weniger Jahre als Folge der anthropogenen Beanspruchung der Niedermoorstandorte.

Eine parameterübergreifende Ableitungsunsicherheit besteht für die Bodenformen aus anthropogenen Substraten. Hier fallen unzureichende Stichprobenumfänge mit einer geringen Ableitungssicherheit zusammen.

Die schon in der Horizontebene beschriebene parameterbezogene Abhängigkeit von Ableitungssicherheiten (→6.1.2) spiegelt sich in der Profilebene in ähnlicher Weise wider. Diese Abhängigkeit zeigt sich sowohl für das Ableitungsbeispiel (→Tabelle 22) als auch für das Flächenbodenformenspektrum insgesamt. Dieser Umstand unterstreicht die Auffassung, die Güte von Ableitungsergebnissen nur für den jeweiligen Zielparameter zu bewerten. Da die bodenkundlichen Auswertungsmethoden in den wenigsten Fällen auf das komplette Parameterspektrum zurückgreifen, ist eine parameterübergreifende Festsetzung der Ableitungssicherheit von Flächenbodenformen zudem nicht zwingend notwendig.

Im Abschnitt 6.1.1 wurde bereits auf die Notwendigkeit hingewiesen, dass im Falle von fehlenden Eingangsdaten administrativ Parameterwerte zuzuweisen sind. Für die bodenphysikalischen Parameter Lagerungsdichte (Ld), Feldkapazität (FK), nutzbare Feldkapazität (nFK) und Luftkapazität (LK) existiert die Möglichkeit, auf Tabellenwerte der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AG BODEN 1994, 2004) zurückzugreifen, die auf mittleren, bodenartenbezogenen Messwerten beruhen (KRAHMER et al. 1995). Aus diesem Umstand ergibt sich die formale Option, die Datenlücken aufzufüllen und eine Horizont-Substrat-Abfolge aus eigenen Werten und Tabellenwerten zu konstruieren. In diesem Fall würden die Fehlstellen in einem landesbezogenen (regionalen) Datensatz durch einen bundesweiten (überregionalen) Datensatz ergänzt. Für die Tragfähigkeit dieses Vorgehens war zu prüfen:

- ist eine methodische Vereinbarkeit gegeben und
- sind die abgeleiteten Parameterwerte der beiden Datenpools in ihren Wertedimensionen vergleichbar.

Die der KA4/5 (AG BODEN 1994, 2004) zugrunde liegende Ableitungsmethode ist grundsätzlich mit der eigenen Methode vergleichbar, sie ist in ihrem Wesen aber abstrakter. Auch die KA4/5 Werte leiten sich aus einem größeren Datenkollektiv ab. Im Unterschied zum Prinzip der Horizont-Substrat-Kombination wird hier die Kriteriensetzung auf eine bodenartige Abhängigkeit begrenzt. Die pedogenetischen und substratgenetischen Einflüsse auf die bodenphysikalischen Horizonteigenschaften werden nur indirekt über die Lagerungsdichte und den Humusgehalt berücksichtigt (KRAHMER et al. 1995). So kritisiert VORDERBRÜGGE (1997) die unzureichende Berücksichtigung des Substrates und warnt folglich vor einer unkritischen Übernahme der Tabellenwerte.

Ein Vergleich auf Basis der Bodenartengruppen sollte zeigen, wie sich die Wertedimension zwischen den abgeleiteten Parameterwerten verhält. Betrachtet wurden die Datenpools LGRB, VETTERLEIN (1989) und KA5 (AG BODEN 2004) bezogen auf die Bodenarten(haupt)gruppen Sand, Lehmsand und Lehm. Nur für diese stand eine entsprechende Mindeststichprobenzahl zur Verfügung.

Im Ergebnis zeigt sich eine weitgehende Übereinstimmung zwischen den LGRB- und den KA5-Werten für die Lehme und Lehmsande. Die Sande (LGRB) werden gegenüber der KA4/5 für die nFK um ca. 2 Vol.-% und die FK um ca. 3 Vol.-% unterschätzt (→Abbildung 69). Zu ähnlichen Beobachtungen kommt auch VORDERBRÜGGE (1997) für andere Bodenartengruppen, ohne aber eine eindeutige Tendenz der Über- bzw. Unterschätzung ausmachen zu können. Deutliche Unterschiede bestehen zu den VETTERLEIN-Daten. Hier wird die Feldkapazität gegenüber der KA5 um über 10 Vol.-% niedriger geschätzt. Für die Lehmsande und Lehme bestehen geringere, aber dennoch signifikante Unterschiede (KAYSER 2003). Aus statistischer Sicht besteht daher nur eine Vergleichbarkeit zwischen den LGRB- und den KA5-Werten. Ein Auffüllen über die Tabellenwerte der KA5 scheint daher gerechtfertigt.

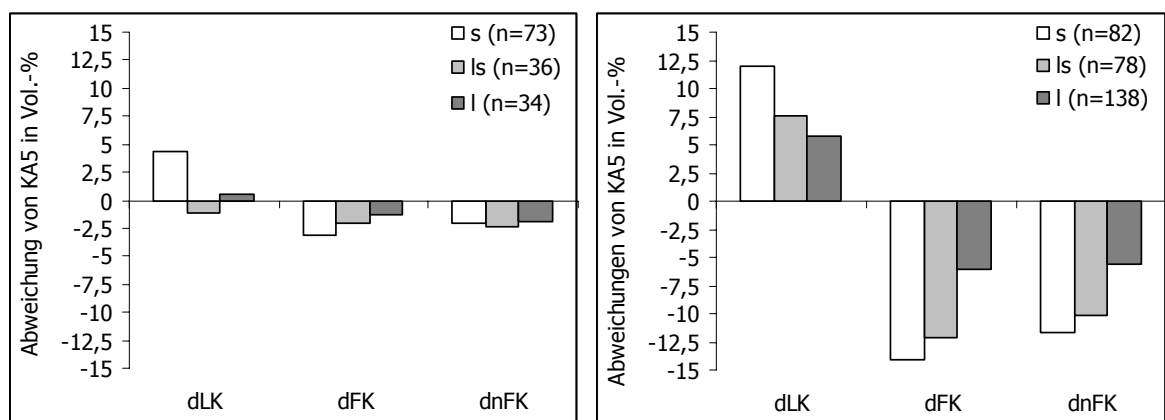


Abbildung 69: Differenzen für die Parameter Luftkapazität (dLK), Feldkapazität (dFK) und nutzbare Feldkapazität (dnFK) in Vol.-% zwischen LGRB-KA5 (links) und Vetterlein-KA5 (rechts)

Auch die Arbeiten von RIEK et al. (1992, 1995) zeigten bereits eine weitgehende Übereinstimmung zwischen den Ableitungen auf Basis der Substrat-Horizont-Gruppen i.S. von VETTERLEIN (1986) und den Bodenarten der KA4/5 (AG BODEN 1994, 2004). Erhebliche Probleme bestehen hingegen in der Kennzeichnung von grobbodenreichen Bodenformen (RIEK et al. 1995) sowie von Bodenformen aus anthropogenen Substraten (KAHLE 2003), da sich die bodenartenbezogenen Kennwerte der KA4/5 nur für die Feinbodenanteile gelten. Hingegen bestehen zwischen den Datenbeständen kaum Unterschiede in den Ergebnissen zur Trockenrohdichte.

Für die Bodenformen der Niedermoore kann auf die Parameterwerte von ZEITZ (1992), SCHWÄRZEL et al. (2002), SCHINDLER et al. (2003) und zurückgegriffen werden, die im Vergleich zu den Tabellenwerten der KA4/5 einen höheren regionalen Bezug besitzen.

Eine gute Übereinstimmung ergibt der Vergleich mit den Parameterwerten anderer flächenbezogenen Profildatensätze. So bestehen zwischen der Beispielsbodenform (LF-BB:p-ls(Sp)/g-el(Mg)) und dem Leitboden⁶⁹ der Legendeneinheit 26 der BÜK 1000 (HARTWICH et al. 1995a) nur geringfügige Unterschiede in den Werten für den Ap-Horizont. Hier wird der Tongehalt, sowie die Feldkapazität geringfügig höher bewertet. Die Parameterwerte der VBK50 Sachsen-Anhalts (LAGB 2004) bewegen sich für die Beispielsbodenform in gleichen Größenordnungen. Lediglich die pH-Werte werden für den *Bv-Horizont um 2 Stufen mit s4 (stark sauer) deutlich geringer angegeben, was aber bei der angegebenen ackerbaulichen Nutzung in Zweifel zu ziehen ist.

⁶⁹ Werte basieren auf einem Einzelprofil

6.3 Ableitungsebene Arealbezug

In den Ebenen Horizont- bzw. Profilbezug war zu prüfen, in welchem Umfang und mit welcher Güte flächenbezogene Horizont- und Profildaten über die Ableitungsmethode zur Verfügung gestellt werden können. In der Ebene Arealbezug ist von zentraler Bedeutung, wie sich die parametrisierten Flächenbodenformen arealbeschreibend auswirken. Der Verknüpfungserfolg mit dem Zieldatensatz (BÜK 300) entscheidet letztlich über die Wirksamkeit des methodischen Prinzips.

Der Arealbezug wird über eine inhaltliche Verknüpfung zwischen dem Flächenbodenformenarchiv und den legendenbeschreibenden Bodenformen des Zieldatensatzes realisiert. Der detaillierte methodische Ablauf ist im Abschnitt (→3.3.1) aufgezeigt. Ungeachtet dessen, dass die Parameterwerte der Bodenformen des Flächenbodenformenarchivs in Teilen auch auf zugewiesenen⁷⁰ Merkmalen bzw. Eigenschaften beruhen (müssen), sollen im Weiteren zunächst nur die „reinen“ Methodenergebnisse in ihrem Ableitungsumfang und ihrer Ableitungsqualität diskutiert werden.

Insgesamt erfordert der Zieldatensatz die Parametrisierung von 291 verschiedenen Flächenbodenformen (Bodenformen ohne Duplikate). Aus der Verknüpfung mit den 99 Blattlegendeneinheiten des Zieldatensatzes (BÜK 300) ergibt sich unter Berücksichtigung der unter (→3.3.1) aufgestellten Regeln ein Bedarf an 425 parametrisierten Flächenbodenformen.

6.3.1 Arealbezogener Ableitungsumfang

Im Unterschied zu einer Reihe von anderen Flächendatensätzen (HARTWICH et al. 1995a, LAGB 2004) wird hier zur inhaltlichen Kennzeichnung der Areale nicht eine einzelne Bodenform, sondern ein Bodenformeninventar herangezogen (HLUG 2002). Dies erfolgt mit dem Ziel, den in den Inventarbeschrieben der Legendeneinheiten formulierten Gesellschaftsansatz auch für die Merkmalsbildung der Auswertethemen zu akzeptieren. Aus diesem Anspruch heraus resultiert aber auch die Notwendigkeit, ein breiteres Spektrum an Flächenbodenformen zu parameterisieren.

Inhaltlich wird hier an das Konzept der Dokumentationsblätter A in der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (SCHMIDT & DIEMANN 1974) angeknüpft, deren zentraler Bestandteil die Bodenformeninventare mit ihren Anteilsklassen sind. Das legendenbezogene Bodenformeninventar des Zieldatensatzes (BÜK 300) besteht in der Regel aus vier Flächenbodenformen pro Legendeneinheit. Das Inventar ist aus Gründen der Überschaubarkeit, auf die wesentlichen Elemente des theoretisch-ableitbaren Bodenformeninventars beschränkt.

Die Merkmalsbildung eines flächenbezogenen Auswertethemas erfolgt in Abhängigkeit der relativen Flächenanteile der legendenbezogenen Bodenformen. Den Merkmalsschwerpunkt bestimmt die flächenhaft dominierende Bodenform, während die subdominierenden Bodenformen die Merkmalsspannen kennzeichnen. Ein vollständiger Arealbezug ist erst dann gegeben, wenn alle legendenbeschreibenden Bodenformen in ihren Horizont-Substrat-Abfolgen auch vollständig (FBF 100%) mit abgeleiteten Parametern bestückt sind.

Diese Voraussetzung ist für einen Großteil der Legendeneinheiten, wenn auch in unterschiedlicher Güte, grundsätzlich gegeben. Flächenbodenformen, deren Horizont-Substrat-Abfolgen auf mindestens einem erhobenen Schichtdatensatz beruhen, erzielen ein Arealbezug von über 90 % ($F_{\%} [n \geq 1] = 92,1 \%$, $D_{\%} [n \geq 1] = 93,5 \%$)⁷¹.

Mit steigendem Mindeststichprobenumfang verringert sich der realisierbare Arealbezug mehr oder minder deutlich. Er reduziert sich auf Basis des angestrebten Mindestdatenumfangs von $n_{HSKE} > 20$ für die relative Frequenz ($F_{\%} [n_{HSKE} > 20]$) auf 33,2 % und für den relativen Deckungsgrad ($D_{\%} [n_{HSKE} > 20]$) auf 34,6 % der Gesamtfläche (→Abbildung 70).

⁷⁰ i.S. von empirischen Angaben, ohne deskriptiv-statistisch bewertbaren Datenhintergrund

⁷¹ $F_{\%}$ = relative Frequenz, $D_{\%}$ relativer Deckungsgrad →3.2.1

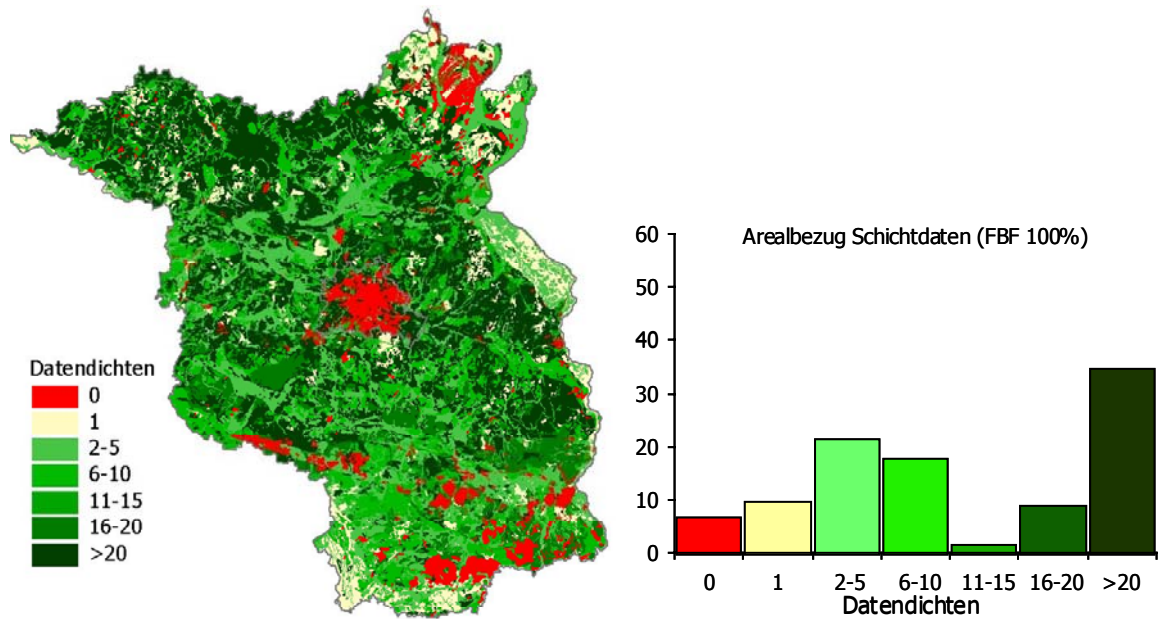


Abbildung 70: Datendichten und Arealbezug (Landesfläche in %) für vollständig mit Schichtdaten beschreibbare Flächenbodenformen (FBF 100%)

Diese Betrachtungsweise setzt jedoch voraus, dass für alle legendenbeschreibenden Bodenformen die geforderte Datendichte bis in die Horizontebene hineinreicht. Die Darstellungen zum Horizont- bzw. Profilbezug haben gezeigt, dass dieses methodische Optimum nur für einen Teil der Zieldaten zur Verfügung steht.

Dieser methodischen Zielgröße ($n_{HSKE} > 20$) kommen die Flächenbodenformen, die für die Kennzeichnung der Bodengesellschaften der glazialen Hochflächen des Jungmoränengebietes notwendig sind, recht nahe. Eine Ausnahme bilden die Bodenformeninventare der Uckermark.

Mit einer mittleren Datendichte können die pleistozänen und holozänen Niederungen abgesichert werden. Als gering sind die Datendichten für die Auen sowie für die älteren Flussterrassen des Elbe-Elster-Gebietes zu kennzeichnen. Diese Verknüpfungsergebnisse lassen sich nur bedingt mit den Datenspektren in den Punktdatenquellen (Eingangsdaten) begründen. Für die Areale Südbrandenburgs (Altmoränengebiet, Elbe-Elster-Niederung) liegt die Ursache zweifellos in der geringen Eingangsdatendichte. Die Auengebiete sind hingegen, wie auch die Uckermark, Areale mit einer relativ hohen Punktdatendichte (→Abbildung 33). Die Ursachen sind hier in dem Altdatencharakter der Punktdaten und den sich daraus ableitenden, geringeren Datenqualitäten zu suchen. Durch bestehende Unschärfen in der boden- bzw. substratsystematischen Übersetzung und die begrenzte Vergleichbarkeit der Analysemethoden, respektive der Analyseergebnisse (UTERMANN et al. 2000), können diese Datenbestände nur in Teilen methodisch eingebunden werden.

Werden in die Betrachtung auch jene Flächenbodenformen mit einbezogen, die dieses Mindestdatenkriterium zu 75% erfüllen, d.h. in drei von vier Horizonten, so steigt der Arealbezug auf über 50% ($F_{\%}[n_{HSKE} > 20] = 52,4\%$, $D_{\%}[n_{HSKE} > 20] = 53,3\%$) an (→Abbildung 71).

Relativ unverändert bleibt der Anteil ohne einen realisierbaren Arealbezug. Betroffen hiervon sind in erster Linie die Areale der Siedlungsbereiche und der Bergbaufolgelandschaften. Das Informationsdefizit zu diesen Räumen besteht weniger in fehlenden Flächeninformationen (GRENZIUS & BLUME 1985, AEY 1991, SENAT-BERLIN 2004) oder grundsätzlichen Kenntnislücken (WESSOLEK & FACKLAM 1997, Haubold et al 1998, KATZUR ET AL. 1999, KNOCH 1999, HÜTTL et al. 1999), als vielmehr in dem Mangel an belastbaren Punktdaten, die eine Grundlage für die Parametrisierung bilden können. Darüber hinaus besteht ein Verknüpfungsproblem mit den Schwarzerdearealen der Uckermark. Wie bei den anthropogenen Bodengesellschaften, liegt hier die Ursache weniger im publizierten Kenntnisstand, als in der Tatsache, dass bestehende Datenquellen (FISCHER-ZUJOKOV 2000) –noch– nicht eingebunden werden konnten.

Eine andere Möglichkeit, den Arealbezug zu erhöhen, würde in einer weiteren Ausdünnung der legendenbeschreibenden Bodenformen bestehen. Die flächenbezogene Merkmalsbildung würde dann aber nur aus den dominierenden Flächenbodenformen ableiten. Diese Verfahrensweise steht einem monotypischen Ansatz nahe und entspricht kaum noch den definierten Flächenbildungsprinzipien (KÜHN 1996, BAURIEGEL et al. 2000) sowie den zu erwartenden Merkmalspektren der Areale.

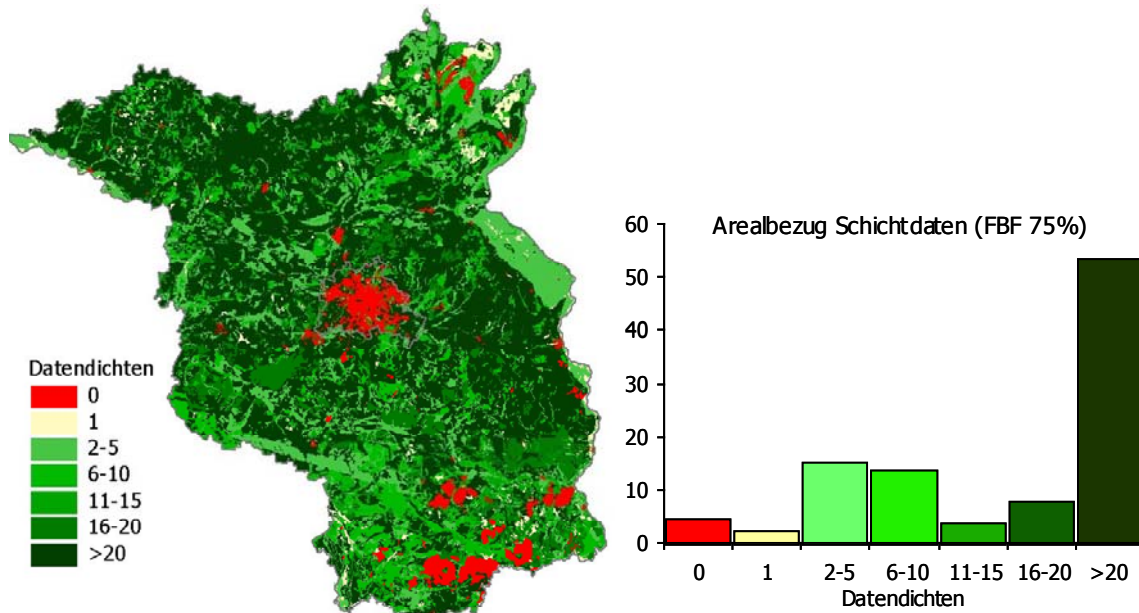


Abbildung 71: Datendichten und Arealbezug (Landesfläche in %) für zu 75 % mit Schichtdaten beschreibbare Flächenbodenformen (FBF 75%)

Der erzielbare Arealbezug für die beschreibenden Schichtdaten ist insgesamt als gut bis sehr gut einzuschätzen. Nur für einen geringen Teil der Flächendatensätze ($D_{\%} < 6,5\%$) lassen sich die Bodenformeninventare der Legendeneinheiten nicht mit erhobenen Schichtdaten verknüpfen. Dies betrifft zudem Areale (Kippstandorte, Siedlungsgebiete), die sich durch eine hohe Heterogenität in der Bodendecke auszeichnen (HANGEN 2003, VOGEL 1999). Auch im Falle größerer Datendichten würden die schichtbeschreibenden Ableitungsergebnisse nur bedingte Gültigkeit besitzen.

Aufgrund der gegenwärtigen Datenbasis kann der Arealbezug für die Analysendaten nicht im gleichen Umfang und in gleicher Güte wie für die Schichtdaten realisiert werden. Für einen Großteil des Zieldatensatzes steht zwar ebenfalls mindestens ein kompletter Analysendatensatz zur Verfügung ($D_{\%} > 86,5\%$), mit zunehmender Mindestdatenanzahl verschlechtert sich jedoch der erzielbare Arealbezug rapide (Abbildung 72, 73).

Folglich muss für die Analysendaten in einem stärkeren Maße auch auf Flächenbodenformen zurückgegriffen werden, deren Horizontabfolgen mit geringeren Datendichten abgesichert sind. Dieser Umstand führt zu einer geringeren Trefferwahrscheinlichkeit für die abgeleiteten flächenbezogenen Eigenschaften und Merkmale.

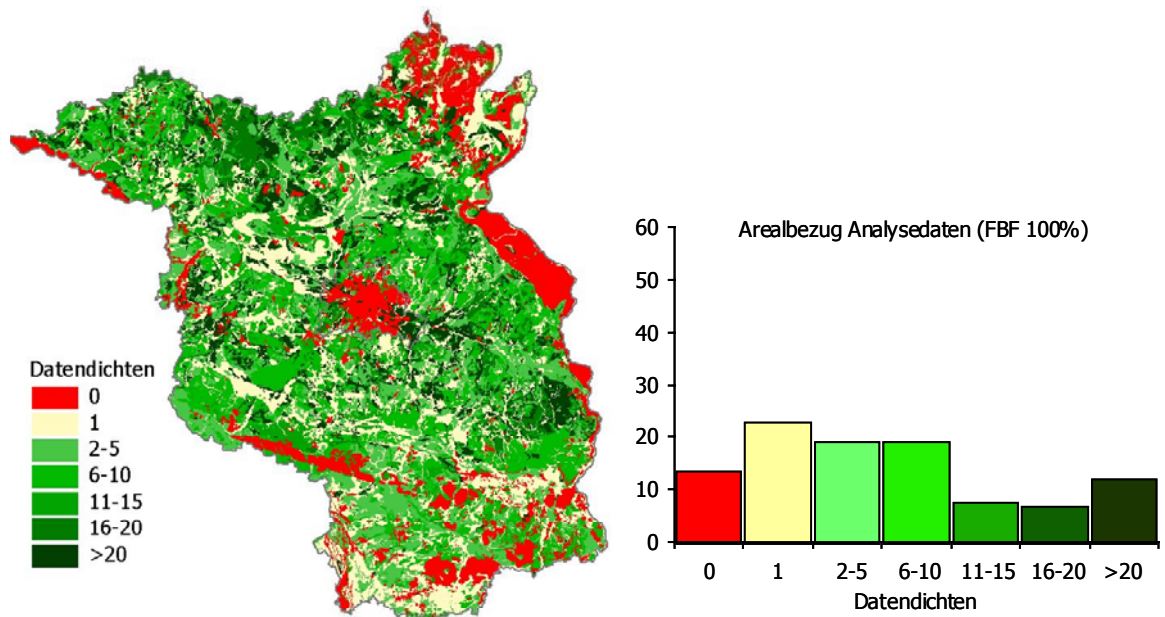


Abbildung 72: Datendichten und Arealbezug (Landesfläche in %) für vollständig mit Analysedaten beschreibbare Flächenbodenformen (FBF 100%)

In den flächenhaften Darstellungen zu den Datendichten (→Abbildung 73) treten die Bodengesellschaften bzw. Legendeneinheiten mit einem geringen oder fehlenden Datenhintergrund deutlich heraus. Zum Einen verstärkt sich das Datendefizit für die schon bei den Schichtdaten diskutierten Areale, zum Anderen kommen Teile des Sandlössgürtels im Fläming hinzu.

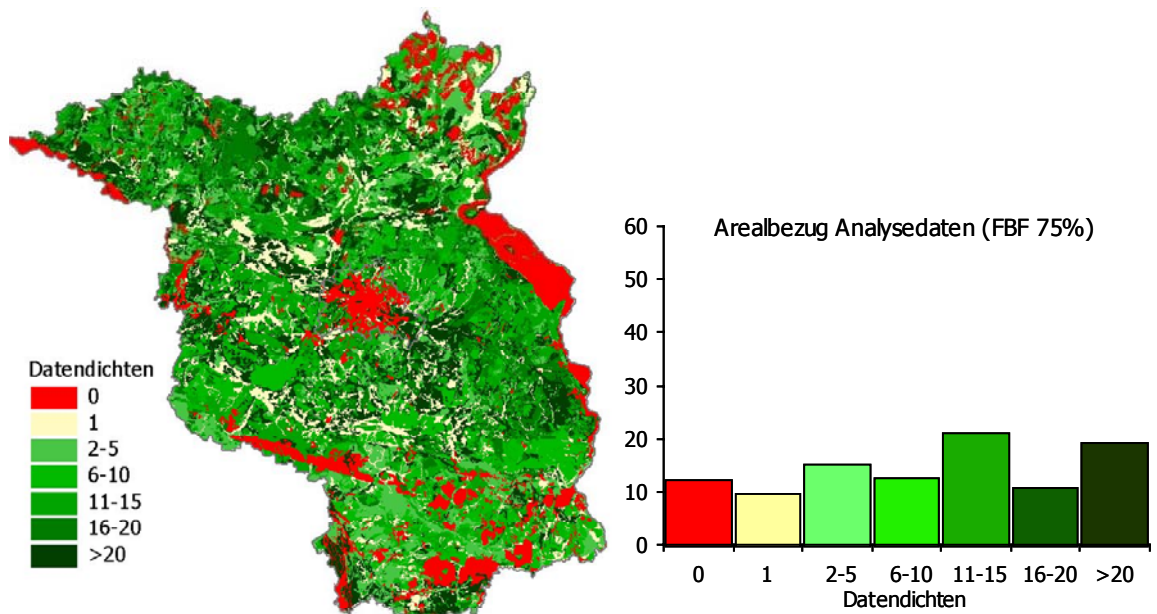


Abbildung 73: Datendichten und Arealbezug (Landesfläche in %) für zu 75 % mit Schichtdaten beschreibbare Flächenbodenformen (FBF 75%)

Für die Parametrisierung von flächenbeschreibenden Bodenformen kommt den Analysedaten ein besonderes Gewicht zu. Für die Analysedaten besteht für ca. 13 % der Landesfläche ein erhebliches Datendefizit (rote Areale in den Abbildungen). Allerdings sind diese Areale nicht gänzlich ohne

Datenhintergrund. Die verfügbaren Datenumfänge ermöglichen jedoch nur die Charakterisierung von Teilen der legendenbezogenen Bodenformeninventare und folgen daher weit weniger dem eigentlichen methodischen Anspruch. Im Sinne von belastbaren Ableitungsergebnissen sind diese Areale als Vorranggebiete für die zukünftige Datenerhebung zu definieren. In einer Reihe von Fällen bezieht sich das Datendefizit nicht auf komplette Horizont-Substrat-Abfolgen, sondern nur auf einzelne (diagnostische) Horizont-Substrat-Kombinationen. Dieser Umstand trifft insbesondere auf die Flächenbodenformen der Auen- bzw. Sandlössgesellschaften zu.

Die Bodengesellschaften der Moränenstandorte verfügen über einen mittleren Datenhintergrund ($n_{HSKE} > 5$). Die sandigeren Areale der glaziären und periglaziären Sedimente (Niederungs- und Schmelzwassersande) können mit höheren Datendichten ($n_{HSKE} > 15$) abgesichert werden. Dies ist auch eine Folge der etwas homogener zusammengesetzter Bodenformeninventare.

6.3.2 Arealbezogene Ableitungssicherheit

In den Ebenen Horizont- bzw. Profilbezug wurden bereits die Möglichkeiten zur Beurteilung von Ableitungssicherheiten diskutiert. Im Weiteren soll geprüft werden, inwieweit sich diese Ergebnisse auf die Arealbene übertragen lassen. Den Ausgangspunkt bilden die für die Flächenbodenformen ermittelten profilbezogenen Ableitungssicherheiten ($\rightarrow 6.2.2$). Aus ihnen wurde, gewichtet über die legendenbezogenen Flächenanteile der Bodenformen, für jeden Parameter ein mittlerer Wert für die einzelnen Legendeneinheiten berechnet.

Für die Horizontmächtigkeit dokumentiert sich die schon in den beiden anderen Ebenen beobachtete relative Ableitungsunsicherheit dieses Parameters. Lediglich für die Moränenstandorte lässt sich eine mittlere Ableitungssicherheit konstatieren (\rightarrow Abbildung 74). Die Bodengesellschaften dieser Areale setzen sich aus Flächenbodenformen zusammen, deren Horizont-Substrat-Abfolgen in einem höheren Maße HSK_z beinhalten, die den Verteilungstypen A (Ael, Bv) bzw. B (Bt, Sd) entsprechen. Da diese Verteilungstypen einen deutlichen Werteschwerpunkt erkennen lassen, besitzen deren Ableitungsprodukte auch eine höhere Sicherheit.

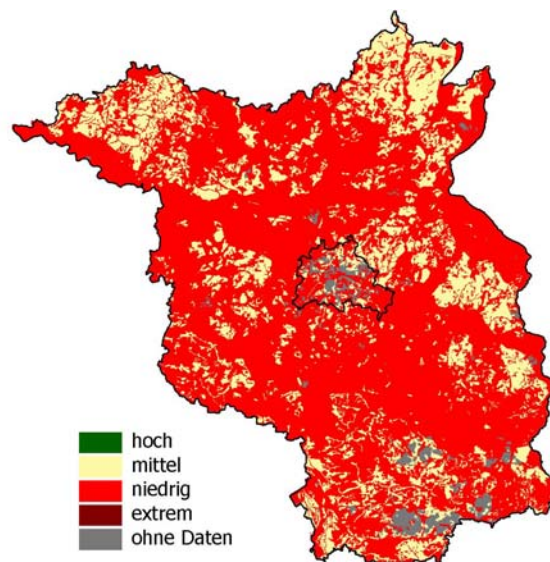


Abbildung 74: Arealbezogene Ableitungssicherheit für den Parameter Horizontmächtigkeit

Die Bodengesellschaften der Schmelzwassersande setzen sich zwar auch aus Flächenbodenformen mit einem hohen Anteil an Horizonten i.S. des Verteilungstyps A zusammen, hier beeinflussen die unspezifischeren Mächtigkeiten der organischen Auflagen ($V_m=0,74$) und der liegenden C-Horizonte ($V_m=0,81$) das Ableitungsergebnis negativ. Die Bodengesellschaften der Niederungen bestehen zu einem hohen Anteil aus Bodenformen, deren Horizontabfolgen H- oder G-Horizonte dominieren. Da sich diese durch sehr unspezifische Horizontmächtigkeiten auszeichnen, wird sich die

Ableitungssicherheit für diese Areale auch nicht über größere Stichprobenumfänge verbessern lassen. Wie im Abschnitt 5.2.6 angeregt, sollten für diese Horizonte Mächtigkeitstypen definiert werden.

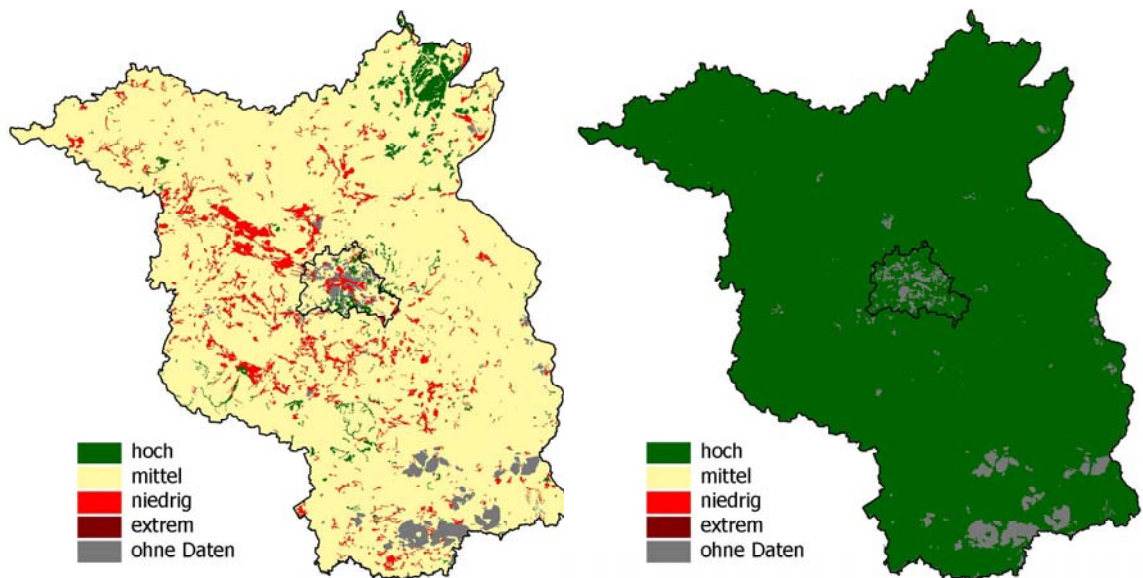


Abbildung 75: Arealbezogene Ableitungssicherheiten für die Parameter potenzielle Kationenaustauschkapazität (links) und pH-Wert (rechts)

Für die bodenchemischen Parameter pH-Wert und potenzielle Kationenaustauschkapazität zeigen sich deutlich positivere Ableitungsergebnisse. Insbesondere der pH-Wert erscheint als ein sehr ableitungssicherer Parameter (→Abbildung 75, rechts). Dieses Ergebnis deckt sich aber nicht in jedem Fall mit den Vergleichen zwischen Punktprofilen und Flächenbodenformen (→Abbildung 66), in denen sich z.T. deutliche Differenzen zwischen den pH-Werten zeigen. Unter Berücksichtigung der definierten methodischen Regeln (→5.4.2.2) lassen sich jedoch klassen- bzw. nutzungsbezogene pH-Werte sicher ableiten.

Die mittlere Güte in den zu erwartenden Ableitungssicherheiten zeigt sich für die potenzielle Austauschkapazität auch für den Arealbezug (→Abbildung 75, links). Eine tendenziell höhere Ableitungssicherheit besitzen die Bodenformengesellschaften der Moränenstandorte. Die legendenbezogenen Variationskoeffizienten bewegen sich für diese Inventare auf der Grenze der Einstufungen hoch bzw. mittel. Als ableitungsunsicher müssen die stärker humosen grundwasserbeeinflussten Bodengesellschaften mit Anmoor- und Humusgleyen aus Flusssanden angesehen werden. Eine höhere Variabilität in den Parameterwerten zeigen auch die Gesellschaften, in denen Kalkgleye aus Substraten wie Wiesenmergel oder Mudde einen größeren Anteil besitzen. Ein Teil der Variabilität ist auf analytische Probleme zurückzuführen. So können Lösungsprozesse von carbonatischen und sulfatischen Verbindungen zu einer Überbewertung der Kationenaustauschkapazität führen (KRAUSE et al. 1993, HAUENSTEIN & MAIER-HARTH 1995). Für diese Substrate besteht oft eine erhebliche Differenz zwischen der Summe der Einzelkationen und dem Wert des Rücktauses mit Barium (MÜLLER 2004). Da die Ergebnisse für diese Gesellschaften nur auf mittleren Datendichten ($n_{HSKE} > 5$) beruhen, bleibt abzuwarten, inwieweit sich über größere Stichprobenumfänge die Ableitungssicherheit dieser Areale verbessern lässt. HENNINGS (1991) ordnet die Kationenaustauschkapazität ebenfalls als einen Parameter von mittlerer Variabilität ein.

Für die Arealbezüge der Kornfraktionen Sand und Ton zeigen sich zwei völlig voneinander abweichende Ergebnisbilder (→Abbildung 76). Auf die Gründe für die Unterschiede zwischen den Ableitungssicherheiten zu den Kornfraktionen wurde bereits im Abschnitt 6.1.2 eingegangen. Die flächen- und inventarbedingte Dominanz der Sandsubstrate bewirkt die hohe arealbezogene Ableitungssicherheit für die Kornfraktion Sand. Für Areale mit tonreicheren Substraten wie die Ucker-

mark, Teile der Auengebiete sowie des Sandlössgürtels erhöht sich die Ableitungssicherheit auch für die Kornfraktion Ton. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von HENNINGS (1991), der in einem von Löss- und Tonstein geprägten Beispielsgebiet dem Tongehalt eine geringere und dem Sandgehalt eine höher Variabilität zuspricht.

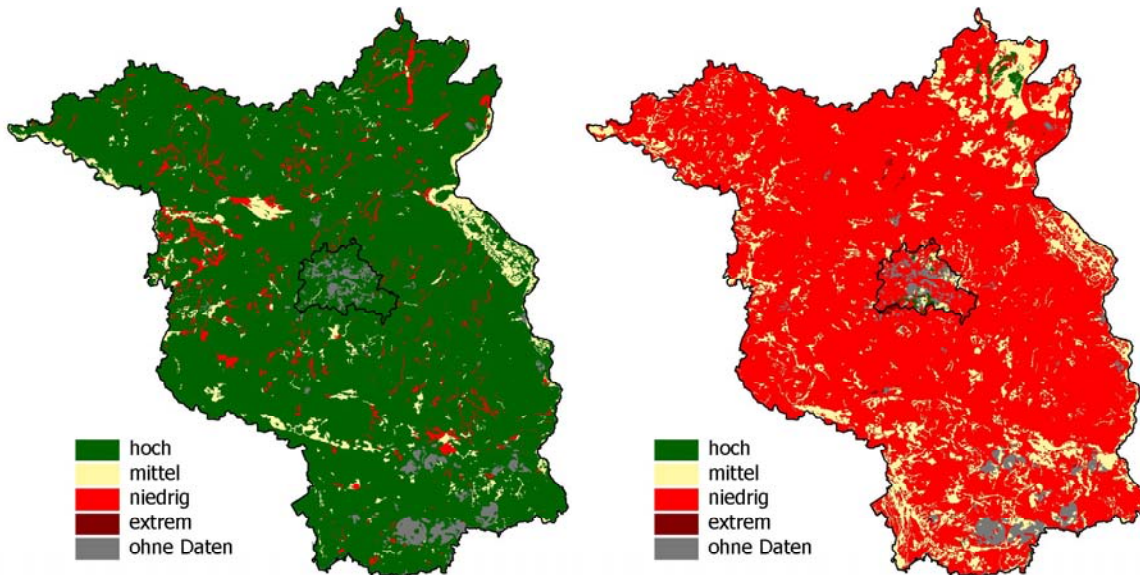


Abbildung 76: Arealbezogene Ableitungssicherheiten für die Parameter Kornfraktion Sand (links) bzw. Ton (rechts)

Der Parameter Trockenrohdichte bestätigt sich im Arealbezug als ein Parameter mit einer sehr hohen Ableitungssicherheit. Die bereits diskutierten Unsicherheiten für die organogenen und limmischen Substrate dokumentieren sich auch für den Arealbezug, wenn gleich die ermittelten Parameterwerte über eine mittlere Ableitungsgüte verfügen. Diese Einsätzung kann auf die anderen bodenphysikalischen Parameter wie die nutzbare Feldkapazität übertragen werden. Hier beruhen die zu erwartenden Unsicherheiten weniger in der Variabilität der Eingangsdaten als vielmehr in der unzureichend verfügbaren Datenmenge.

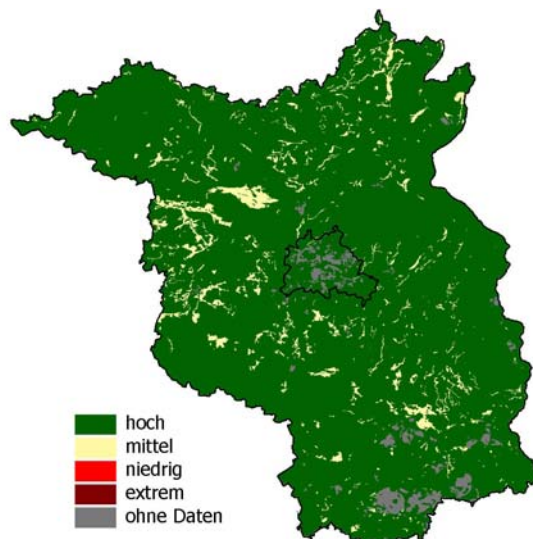


Abbildung 77: Arealbezogene Ableitungssicherheit für den Parameter Trockenrohdichte

Offene Fragen bestehen in der Behandlung der organischen Auflagen für die Berechnung des Wasserhaushaltes von Waldstandorten. Hierfür ist zu berücksichtigen, dass über 37% der Landesfläche Brandenburgs von Wald bestockt sind (LDS 2004). Der Einfluss der organischen Auflagen auf den Wasserhaushalt wird unterschiedlich interpretiert. Er ist für Standorte mit feinhumusreichen Auflagen höher einzuschätzen (BAURIEGEL et al. 2003) als für grobhumusreichere Standorte. GREIFENHAGEN (2004) hat für Kiefernstandorte gezeigt, dass infolge einer starken Austrocknung die Auflagen hydrophobe Eigenschaften erhalten und den Wasserhaushalt daher kaum beeinflussen. Das Problem der Wiederbenetzbarkeit beschränkt sich jedoch nicht nur auf organische Auflagen, sondern trifft auf stark entwässerte Niedermoorstandorte in gleicher Weise zu (BURGHARDT 1976, ZEITZ 2001).

6.4 Zusammenfassende Diskussion

Die in den drei Betrachtungsebenen vorgestellten Ergebnisse zeigen deutlich die Vorzüge und Defizite, die für die entwickelte Ableitungsmethode bestehen. Trotz der Einschränkungen, die sich aus den begrenzt verfügbaren Eingangsdaten ergeben, kann das Zieldatenspektrum weitgehend mit abgeleiteten Parametern beschrieben werden. Ein wesentlicher Vorzug der Ableitungsmethode besteht in der Fähigkeit, aus inhaltlich heterogenen sowie dynamischen Eingangsdatenbeständen einen harmonisierten Datensatz zu erstellen. Letzterer kann über definierte Generalisierungs- und Aggregierungsregeln variabel auf ein definiertes Zieldatenniveau angehoben werden. Der erzielbare Ableitungsumfang wurde bereits innerhalb der Betrachtungsebenen (→6.1, 6.2 und 6.3) und im Bezug zum Kennzeichnungsniveau des Zieldatensatzes diskutiert. Im Vergleich zu Flächen-datensätzen, für die bereits flächenbezogene Profildaten zur Verfügung stehen (HARTWICH et al. 1995a, LAGB 2004) fallen hier die boden- bzw. substratsystematisch relativ hoch auflösenden Horizont-Substrat-Abfolgen (→ Abbildung 61) auf. Welche systematischen Niveaus für welche Maßstabsbereiche zu favorisieren sind, ist weitgehend offen.

Die zu nutzenden systematischen Niveaus sind insofern zu diskutieren, als dass sie direkt mit den zu erwartenden Stichprobenumfängen zusammenhängen. An dieser Stelle konkurrieren die Forderungen zur inhaltlichen Kennzeichnungsschärfe (→5.3.2) und zur Ableitungssicherheit (→6.1.2) miteinander.

Ein höherer Differenzierungsgrad in der boden- bzw. substratsystematischen Auflösung ist fachlich anzustreben, begrenzt aber die erzielbaren Ableitungsumfänge erheblich. Als weitere Einschränkungen kommen die obligaten Datenfilter wie Nutzungstyp und z.T. Schichtungstyp hinzu. Die Eingangsdaten über Nutzungstypen zu filtern und getrennt zu bewerten, ist notwendig. Die profilbezogenen Nutzungsangaben tragen jedoch nicht in jedem Fall substantiell zur Profilinterpretation bei, da sie sich nur auf die aktuelle Nutzung beziehen. Diese kann sich gegebenenfalls innerhalb eines Tages ändern. So dokumentiert sich in einem Großteil der Horizontabfolgen von Forstprofilen eine ehemalige Ackernutzung (rAp-Horizonte).

Die profilbezogenen Kenntnisse zur Nutzungsgeschichte und Bewirtschaftungsintensität können für die Bewertung der Variabilität von abgeleiteten Parametern wertvolle Hinweise geben. Für das Einzelprofil ist der damit verbundene Rechercheaufwand aber zu hoch und damit für den Datensatz insgesamt nicht zu realisieren.

Die arealbezogenen Kenntnisse zur Landschaftsentwicklung und Nutzungsgeschichte (BORK et al. 1998, SCHATZ 2000) zu realisierten Meliorationsvorhaben oder zur bergbaubedingten Grundwasserabsenkung (VÖTT 2000) müssen möglichst schon bei der Beschreibung der Bodenformeninventare während der Flächenbildung berücksichtigt werden. Sie lassen sich entweder nicht direkt aus den punktbezogenen Eingangsdaten erschließen oder zwischen dem Erhebungsdatum und dem Maßnahmedatum besteht eine zeitliche Differenz.

Zur Orientierung für das boden- bzw. substratsystematische Niveau des brandenburgischen Flächendatensatzes diene das bundesweite Kartenwerk BÜK 200 (KRUG & HARTWICH 2001). In diesem werden die bodensystematischen Kategorien Varietät bis Typ akzeptiert. Die Kennzeichnung des Substrates erfolgt in der BÜK 200 weitestgehend auf dem Typenniveau (Substratartengruppe i.S. Bd.86 AK BODENSYSTEMATIK 1998). Dieses Verhältnis befindet sich aber an der Grenze der fachlichen Zulässigkeit, da hier zugunsten der pedogenetischen Merkmale die Substrateigenschaften nur in stark generalisierter Weise berücksichtigt werden. Im Falle der Bodenartenhauptgruppe Lehm

(AG BODEN 1994) ist eine Zusammenfassung von Horizonten möglich, deren Tongehalte in einer Spanne von 8-45 Masse-% schwanken können. Für die Kennzeichnung mittlerer stofflicher Eigenschaften besitzt aber gerade das bodenbildende Substrat eine herausragende Bedeutung (ALTERMANN & KÜHN 1999). Aus diesem Grund erfolgte die Bewertung des Kennzeichnungsverhältnisses Horizont/Substrat innerhalb der Generalisierung der Eingangsdaten separat (→5.3.2.3).

Die Darstellungen zu den Ableitungsumfängen haben gezeigt, dass gegenwärtig nur mit der Kategorie der Horizont-Substrat-Gruppe (HSG) ein statistisch bewertbarer Mindeststichprobenumfang für das Zieldatenspektrum abgesichert werden kann. Mit aus diesen Gründen erfolgt die Parametrisierung anderer Flächendatensätze auf einem abstrakteren systematischen Niveau (HARTMANN et al. 2002) oder über Werteklassen (HLUG 2002, KRUG et al. 2002). Letzteres Vorgehen war auch für einen Teil des horizontbezogenen Zieldatenspektrums notwendig, da noch nicht alle Horizont-Substrat-Kombinationen aus einem statistisch belastbaren Datenhintergrund heraus abgeleitet werden können. Folglich beruhen die ermittelten horizont- bzw. profilbezogenen Parameterwerte auf einer unterschiedlichen Ableitungsgüte, die letztlich die Aussagekraft der flächenbezogenen Auswertungen mitbestimmt. In diesem Zusammenhang stehen berechnete Forderungen, die flächenbezogenen Daten in ihrer Qualität (SBRESNY 1997), Variabilität (HENNINGS 1991, BURROUGH et al. 1994) bzw. Reinheit (DAHYA et al. 1984, SCHMIDT 1986) oder Heterogenität (LÖSEL & HENNINGS 2003) zu attribuieren.

Die Festsetzung der Datenqualität ist weniger ein methodisches (Wichtungsfaktoren), als vielmehr ein inhaltliches Problem. Hierfür ist ein überaus komplexes Bewertungssystem notwendig. Hinter der Breite der zu berücksichtigenden Kriterien verbirgt sich aber die Gefahr, dass subjektiv oder formal begründete Einschätzungen (Bearbeiterqualitäten, Alt- bzw. Neudaten), statistische Kennwerte (Streuung), Ergebnisse von Plausibilitätsprüfungen und verschiedene Zeitebenen sich in der qualitativen Bewertung miteinander vermischen. So besitzen nicht a priori Neudaten (i.S. von aktueller Systematik) eine höhere Qualität als Altdaten. Der Erfolg von Plausibilitätsprüfungen ist wiederum abhängig vom Umfang der Referenzkriterien (→5.2.3). Da ein Datenbestand nicht über alle Referenzkriterien verfügen kann, ist eine Qualitätsbewertung nur für eine bestimmte Fragestellung (Zielkategorie) oder für einen bestimmten Parameter sinnvoll (HENNINGS 2002).

Die Einschätzung der Variabilität kann sich auf eine inhaltliche, räumliche oder zeitliche Komponente oder auf deren Kombinationen beziehen (SCHMIDT 1985, WEBSTER 2000). Im Vordergrund der eigenen Arbeit steht die Bewertung von inhaltlichen Komponenten wie die Heterogenität bzw. der Kontrast (ALTMANN & HAASE 1984) von flächenbeschreibenden Kategorien (→Kapitel 3) sowie in der Beurteilung der Variabilität von abgeleiteten flächenbezogenen Parametern. Die Betrachtung der räumlichen bzw. zeitlichen Variabilität ist für einen mittelmaßstäbigen Flächendatensatz weniger geeignet und sollte dem großmaßstäbigen Skalenbereich bzw. Monitoringprogrammen (BARTH ET AL 2000) vorbehalten bleiben.

Die Kennzeichnung der Variabilität innerhalb des Zieldatensatzes erfolgt zum Einem über ein flächenbeschreibendes Bodenformeninventar und zum Anderen über die zu erwartende Ableitungsgüte für die flächenbezogenen Parameterwerte.

Das Bodenformeninventar dient zur Darstellung der vergesellschaftungsbedingten Merkmalsbreite von Bodeneigenschaften. Dieser Ansatz erfordert zwar die Parametrisierung einer größeren Anzahl von Flächenbodenformen, kommt aber den Eigenschaften der Bodendecke näher als monotypische Ansätze (SCHMIDT & JAHN 2004).

Als Indikatoren der Güte von Ableitungsergebnissen werden in der entwickelten Methode die Kriterien Ableitungsumfang und Ableitungssicherheit angesehen. Sie sind ein verbindlicher Teil des Parameterdatensatzes und informieren die Datennutzer über die parameterbezogene Wertevariabilität sowie die ihr zugrundeliegenden Stichprobenumfänge. Damit wird einer Forderung von HENNINGS (1991) entsprochen. Die Parameterwerte besitzen den Charakter von Erwartungswerten (SACHS 1997). Unter Hinzuziehung ihrer Quartilgrenzen lassen sich Extremwerte innerhalb der Wertekollektive identifizieren. Die parametrisierten Flächenbodenformen können damit auch unabhängig vom eigentlichen methodischen Ziel zu Plausibilitätsprüfungen in der Pflege von Punktdatenbeständen eingesetzt werden. Hier bestehen wesentliche Vorzüge gegenüber den Leitprofilansätzen, die nur auf Einzelprofilen beruhen und für deren Parameterwerte die Erwartungstreue postuliert wird.

Es bleibt herauszustellen, dass unter Nutzung der abgeleiteten Parameterwerte nur „normale“ (mittlere) Verhältnisse dargestellt werden können. Das Hauptanwendungsfeld ist daher in der Bewertung von Bodenpotenzialen sowie Bodenfunktionen zu sehen. Für die Kennzeichnung von flächenbezogenen, meist lokal geprägten Belastungssituationen, sowie deren zeitlichen Veränderungen sind andere Methoden heranzuziehen (McBRATNEY et al. 2000).

Auf die Notwendigkeit, die bodenkundlichen Parameterwerte in ihrer Variabilität respektive ihrer Ableitungssicherheit zu bewerten, wurde bereits eingegangen. Als Bewertungsbasis empfiehlt sich der Variationskoeffizient i.S. der Modifizierung durch SCHLITTGEN & STREITBERG (1995) und BURGER (2004). Er ist ein akzeptierter Kennwert zur Beurteilung der Variabilität innerhalb von Wertegruppen (ALTMANN 1982, HENNINGS 1991, KOFALK 1998, ROSSITER 1998) und ermöglicht den Vergleich verschiedener Stichproben. SCHMIDT (1985) nutzt den Variationskoeffizienten für den Homogenitätstest von topischen Bodeneinheiten und gibt für die Kategorie der Hauptbodenform ähnliche Größenordnungen wie für den Profilbezug (→6.2.2) an. HENNINGS (1991) verwendet die „klassische Form“, kommt aber dennoch zu ähnlichen parameterbezogenen Hierarchien (→Abbildung 23).

Unterschiede bestehen in der Bewertung der Kornfraktionen, allerdings ohne die Berücksichtigung der Abhängigkeit von der Bodenart. Die inventarbedingt andere Rangfolgebildung belegt die Notwendigkeit der Flächendatenanalyse als Voraussetzung für die Interpretation der Ergebnisse im Sinne von Ableitungssicherheiten.

Die Orientierung auf einen Kennwert der „klassischen“ Statistik ergibt sich aus dem Status der Eingangsdaten und aus dem inhaltlichen Bewertungsziel heraus. Da die Ableitungsmethode auf dynamische Eingangsdatenbestände aufsetzen muss, ist ein leicht reproduzierbares Bewertungsverfahren notwendig. Die für die Horizont- bzw. Profilebene ermittelten Parameterwerte lassen sich mit Hilfe des Variationskoeffizienten relativ leicht hinsichtlich ihrer zu erwartenden Ableitungssicherheit interpretieren.

Der Einsatz von multivariaten Verfahren ist anzustreben. So zeigen die Ergebnisse in der Ebene Horizontbezug, dass sich über eine Clusteranalyse Gruppen mit ähnlicher parameterbezogener Ableitungssicherheit abbilden lassen. Die Ergebnisse können sich auf Basis des gegenwärtigen Datenhintergrundes jedoch nur auf einen Teil des Horizontdatenspektrums stützen.

Geostatistische Ansätze besitzen unbestritten einen hohen Anwendungsgrad in arealbezogenen Darstellungen von Bodeneigenschaften (McBRATNEY 2000). Sie erscheinen aber aus Sicht der rezent verfügbaren Datendichten für den Zielmaßstab als nicht zulässig. So berechnen HINDEL et al. (1995) und GOOVAERTS (2000) Autokorrelationslängen von Stoffdaten von < 500m. BOUCNEAU et al. (1998) und OBERTHÜR et al. (1999) akzeptieren für stabilere Parameter wie Kornfraktionen größere Range-Distanzen, die aber in ihrem Datenbedarf die verfügbaren Umfänge dennoch überschreiten. Der Zieldatensatz würde im Falle eines 500 m Rasters ein Netz von über 120 000 Profilpunkten und für ein 1000 m Raster ein Netz von über 30 000 Profilpunkten erfordern.

Grundsätzlich ist zwischen den formalen, gegebenenfalls statistisch exakten, Ableitungsergebnissen und der Referenzierung an gebietsbezogenen Kartiierungsergebnissen oder Erfahrungswerten zu unterscheiden. Die entwickelte Ableitungsmethode ist in diesem Sinne auch nicht frei von empirischen Faktoren (→5.4.3). Sie optimiert aber die Bereitstellung von methodisch reproduzierbaren Parameterdatensätzen. Mit zunehmender Datendichte und der damit einhergehenden Erhöhung der Ableitungssicherheit wird sich der empirische Faktor begrenzen lassen. Dies setzt aber eine fortwährende und kontinuierliche Datenerhebung voraus. Die zunehmende Tendenz, bodenkundliche Expertensysteme einzig auf Basis von Altdaten zu entwickeln (JESSEL et al. 2000, FRIEDRICH & KEIL 2003, ALTERMANN et al. 2004), wird als bedenklich angesehen, da dieser Ansatz das dynamische System Boden auf ein statisches Gebilde reduziert. Insbesondere für die labileren bodenchemischen Eigenschaften lassen sich über diesen Weg kaum belastbare Aussagen zum aktuellen Bodenzustand gewinnen, zumal die Daten oft nicht über das hierfür notwendige Parameterspektrum verfügen. Die Interpretationsergebnisse von Altdaten sind grundsätzlich mit Notwendigkeit von aktuellen Geländeuntersuchungen verbunden. So zeigen die Untersuchungen zur Nutzung der Bodenschätzungsergebnisse auch bei stabileren Parametern wie Schichtmächtigkeit (MICHEL 1994) oder Korngrößenzusammensetzung (SAUER 2001) erhebliche Abweichungen zwischen dem Interpretationsergebnis und dem aktuellen Geländebefund.

Ein weiteres Problem besteht in der Harmonisierung von verschiedensten Eingangsdatenbeständen. Die aufwendigen Prozeduren sind neben den bestehenden Einschränkungen in der methodi-

schen Vergleichbarkeit von Datenquellen eine der Hauptursachen dafür, dass die Parametrisierung von Flächendaten vielfach über Leitprofilansätze realisiert wird. In diesem Sinne sollte die Fortschreibung der bodensystematischen Regelwerke und die Weiterentwicklung der analytischen Bestimmungsmethoden berücksichtigen, dass trotz zu erwartender und teils notwendiger Modifikationen die bestehenden Datenbestände nicht unbrauchbar werden.

Zu unterstützen ist der Ausbau von Metainformationssystemen wie dem Umweltdatenkatalog (BMU 1998), da sie das Problem des verstreuten Wissens vermindern helfen. Diese Daten erfordern wie die Altdatenquellen zwar einen höheren Harmonisierungsaufwand, sind aber auch mit einer großen Wertschöpfung verbunden.

7 Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit besteht in der Entwicklung und Realisierung einer regelbasierten Ableitungsmethode zur Parametrisierung von flächenbezogenen bodenkundlichen Profil- und Horizontdaten mit beschreibenden und stofflichen Kennwerten. Diese sind eine unbedingte Voraussetzung für die Anwendung von bodenkundlichen Auswertemethoden.

Als Zieldatensatz dient die Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg im Maßstab 1:300 000. Sie besitzt als erste flächendeckende und nutzungstypenunabhängige digitale Datengrundlage eine besondere Bedeutung für die Landes- und Regionalplanung im Land Brandenburg.

Die Arbeit beinhaltet neben der eigentlichen Methodenentwicklung sowohl eine eingehende Bewertung der Zieldaten (Flächendatenanalyse) als auch der Eingangsdaten (Punktdatenanalyse).

In der Flächendatenanalyse werden eine Reihe von methodischen Kennwerten entworfen, die zur Klärung des inhaltlichen Spektrums dienen. Im Ergebnis der Flächendatenanalyse leitet sich eine Auswahl von 291 verschiedenen Flächenbodenformen ab. Sie bilden das Inventar eines Flächenbodenformenarchivs und stehen in einer 1:n Beziehung zu den Bodenformeninventaren der Blattlegendeneinheiten.

Über den eingeführten Parameter des Verbreitungsgrades kann die Bedeutung einer Flächenbodenform oder einer Blattlegendeneinheit innerhalb des Flächendatensatzes charakterisiert werden. Mit der Ableitung und Definition von Strukturtypen besteht darüber hinaus die Möglichkeit, die Blattlegendeneinheiten in ihrem Zusammenfassungsprinzip, ihrer Verbreitungsintensität sowie in ihrer inhaltlichen Heterogenität zu kennzeichnen.

Die Punktdatenanalyse setzt sich mit dem Problem auseinander, die Vielzahl an sehr heterogen zusammengesetzten punktbezogenen Eingangsdatenquellen in einem Datenbestand zu fusionieren und in ihrer Qualität und Quantität zu evaluieren. Die Anwendung von definierten Mindestdatensatzkriterien führt zu einer erheblichen Reduzierung des Eingangsdatenbestandes. Es zeigt sich eine enorme Vielfalt an systematischen Kennzeichnungsvarianten, die vor allem auf systematischen Niveauunterschieden und Kennzeichnungsfehlern bzw. -lücken zurückzuführen ist. Nur wenige Datenquellen verfügen über ein vollständiges Parameterspektrum, die zudem über ihren quantitativen Datenumfang das Wertespektrum dominieren.

Zentrale Komponenten des entwickelten methodischen Regelwerks beschäftigen sich daher mit der Transformation der Eingangsdaten in eine definierte Datenbankstruktur, der Datenharmonisierung auf ein einheitliches systematisches Kennzeichnungsprinzip sowie der Überprüfung auf deren kennzeichnungsbezogene (systematische) Plausibilität. Die datenbanktechnische Realisierung erfolgt über verknüpfte Schlüssellisten. Diese sind als Korrekturschlüssellisten konzipiert. Sie bestehen folglich nicht nur aus systematisch exakten Kennzeichnungsvarianten, sondern beinhalten auch fehlerhafte Varianten, die mit einem Korrekturvorschlag versehen sind. Über eine Rückkopplung mit den Eingangsdaten werden die Schlüssellisten inhaltlich fortgeschrieben. Durch diese Funktionalität wird einerseits dem dynamischen Charakter eines Großteils der Eingangsdaten Rechnung getragen und andererseits eine halbautomatische Fehlerkorrektur ermöglicht.

Einen weiteren Schwerpunkt bilden die Überlegungen, inwieweit das breite Spektrum der Eingangsdaten inhaltlich und systematisch mit dem Zieldatenspektrum verknüpft werden kann. Hierfür werden verschiedene Generalisierungs- und Aggregierungsvarianten entworfen und anhand von Kriterien wie: Reduktion der Kennzeichnungsvarianten, Erhöhung der Belegungsdichte, Informationsverlust und Verknüpfungserfolg mit dem Zieldatensatz getestet. Hierbei zeigt sich, dass auf Basis der genannten Kriterien weniger mit den formal-systematischen Generalisierungsvarianten als vielmehr mit den Aggregierungsvarianten positive Effekte zu erzielen sind.

Die eingeführten Kategorien wie der Schichtungstyp, der Flächenhorizont oder die Horizont-Substrat-Gruppen entsprechen folglich definierten Merkmalsgruppen. Sie umfassen systematische Einheiten, die auf Grund ihrer substratgenetischen Entstehung und stofflichen Zusammensetzung vergleichbare Eigenschaften besitzen, bei einem formal-systematischen Generalisierungsprozess aber nicht in gleiche Gruppen fallen müssen.

Innerhalb der Ableitungsmethode kommt der Horizontebene eine zentrale Bedeutung zu. In dieser

Ebene erfolgt die Verknüpfung zwischen Eingangs- und Zieldatensatz, unter Nutzung des methodischen Ansatzes der Horizont-Substrat-Kombination. Mit diesem Ansatz ergibt sich die Möglichkeit, für die Flächenbodenformen und ihre Horizont-Substrat-Abfolgen mittlere Parameterwerte abzuleiten, die auf Wertekollektiven beruhen. Da für einen Großteil der bodenkundlichen Parameter keine Annahme auf Normalverteilung besteht, wird zur Kennzeichnung der mittleren Eigenschaften der Median herangezogen. Darüber hinaus können die ermittelten Parameterwerte in ihrer Ableitungssicherheit bewertet werden. Als Bewertungskriterien bietet sich neben der Breite des Interquartil-Abstandes vor allem der Median des parameterbezogenen Variationskoeffizienten an. Letzterer ermöglicht als dimensionsloses Streuungsmaß auch eine parameter- und horizontübergreifende Betrachtung der Ableitungssicherheit. Für die Bewertung der Ableitungssicherheit wird ein vierstufiges Klassifikationsschema entworfen.

In der parameterbezogenen Betrachtung erweisen sich neben dem pH-Wert vor allem die bodenphysikalischen Kennwerte als ableitungssichere Parameter. Während die bodenchemischen Parameter sich durch eine mittlere Ableitungssicherheit auszeichnen, müssen die tiefen- und mächtigkeitsbezogenen Angaben sowie die gesättigte Wasserleitfähigkeit als eher ableitungsunsichere Parameter angesehen werden.

Der erzielbare Ableitungsumfang und die Ableitungssicherheit werden auf den relevanten Betrachtungsebenen: Horizontbezug, Profilbezug und Arealbezug diskutiert. Dabei zeigt sich, dass eine Bewertung nur für einen Zielparameter und nicht parameterübergreifend sinnvoll ist. Im Weiteren lassen sich Horizonte, Flächenbodenformen oder auch Areale herausstellen, für die ein Datendefizit besteht und die folglich als Ziel für zukünftige Kartierprogramme gelten können.

Im Ergebnis liegt erstmals eine Methode zur Parametrisierung von flächenbeschreibenden Profil- und Horizontdaten vor, die eine Bewertung der Ableitungssicherheit mit einschließt. Die Methodenergebnisse sind in einem Katalog von parametrisierten Flächenbodenformen (Bodenformenarchiv) dokumentiert. Dieser kennzeichnet die flächenhaft verbreiteten Bodenformen in ihren horizontbeschreibenden Merkmalen sowie in ihren mittleren bodenchemischen und bodenphysikalischen Eigenschaften. Die angegebenen Streuungskennwerte ermöglichen zudem eine Sicht auf den Datenhintergrund, wie auch auf die zu erwartende Aussagesicherheit. Damit ist eine wesentliche Voraussetzung für die Anwendung einer Vielzahl von bodenkundlichen Auswertemethoden geschaffen, die für die Beantwortung von insbesondere bodenschutzbezogenen Fragestellungen oder für Bodenlandschaftsmodelle benötigt werden.

8 Summery

The present thesis aims at development and implementation of a rule-based derivation method for a parameterization of area related pedological soil and horizon data with diagnostic and material parameters. These parameters are an essential condition to the application of pedological evaluation methods.

A soil map of the state of Brandenburg in a scale of 1:300 000 is used as a target data record. This soil map is of great importance to the land use and regional planning of the state of Brandenburg as it is the first digital database which is area-wide and independent of the kind of its utilization.

Beside the development of said method, the present thesis includes a detailed evaluation of the target data (analysis of spatial data) as well as the original data (analysis of point data).

The analysis of spatial data includes the conception of a set of methodical parameters which are used for the clarification of the spectrum as regards content. As a result of the analysis of spatial data an assortment of 291 different area related soilforms is derived. They form the inventory of an archive of area related soilforms, and they are in an 1:n relationship with soilform inventories of the mapping-units.

The importance of an area related soilform or a mapping-unit within the areal data record can be characterized by the rate of extension, which has been established as a parameter. Additionally, the derivation and definition of types of soil patterns provides the opportunity to characterize the principle of aggregation of the mapping-units, their intensity of extension as well as their heterogeneity as regards content.

The analysis of point data addresses the problem of merging the variety of highly heterogeneously composed point related original data sources into one database and to evaluate their quality and quantity. The use of defined criteria of minimum data records causes a remarkable reduction of the stored original data. A huge variety of systematic marking alternatives arises, which is mainly caused by systematic level differences and marking errors respectively marking gaps. Only few data sources possess a complete spectrum of parameters, which additionally dominate the spectrum of values by their quantitative amount of data.

Therefore, main components of the developed methodical rule type deal with the transformation of the original data into a defined database-system, with the harmonization of the data to a standard systematic marking principle as well as their verification with respect to their marking-related (systematic) plausibility. The database-related implementation takes place by means of linked key lists. These lists are conceived as proof key lists. Thus, they consist not only of systematic exact marking alternatives but also contain erroneous alternatives, which are provided with a proposal for correction. The key lists are updated as regards content by a feedback with the original data. On one hand, this functionality makes allowance to the dynamic character of the major part of the original data and on the other hand it provides a semi-automatic error correction.

Considerations of to what extend the broad spectrum of original data can be linked systematically and as regards content to the spectrum of target data, form another focal point. For this purpose, different alternatives of generalization and aggregation are prepared and tested with respect to criteria such as reduction of the marking alternatives, increase of allocation density, loss of information and success in linking with the original data. In this connection it turns out that, on the basis of said criteria, the alternatives of aggregation achieve more positive effects than the formal-systematic alternatives of generalization.

Thus, the categories introduced, such as bedding type, areal horizon or the horizon-substratum-groups, refer to defined groups of characteristics. Due to their substratum-genetic background and material composition said categories comprise systematic units which possess comparable characteristics. In opposition to that, said units need not to be allocated to identical groups during a formal-systematic generalization process.

The horizon plane is of special importance to the derivation method. Using the methodic approach of the horizon-substratum-combinations, the link between original and target datasets takes place in this plane. This approach provides the opportunity to derive average parameter-values for the

area related soilforms and their horizon-substratum-sequences, wherein the parameter-values are based on value-collectives. The median is used as an identification of the average characteristics as a normal distribution cannot be assumed for a major part of the pedological parameters. Additionally, the determined parameters can be evaluated with respect to their derivative reliability. The width of the interquartile as well as the median of the parameter related variation coefficient is a preferred evaluation criterion. The latter is a nondimensional quantile and therefore also provides the opportunity of a parameter and horizon spanning evaluation of the derivative reliability. A four-stage classification scheme is developed for the evaluation of the derivative reliability.

The pH-value and especially the soil-physical values are proven as derivative reliable parameters with regard to the parameter related evaluation. The depth and thickness related data as well as the saturated water-conductivity are rather nonreliable parameters, whereas the pedochemical parameters are characterized by an average derivative reliability.

The scale of derivation and the derivative reliability achievable are discussed with respect to the relevant evaluation levels, which are: relation to horizon, profile and areal. Thereby it turns out that an evaluation of only one target parameter makes sense in opposition to a parameter spanning evaluation. Subsequently, horizons, area related soil form or even areals can be exposed, for which there exists a deficit of data and which therefore can be considered as a target for future soil survey programmes.

As a result, for the first time a catalogue of parameterized area related soil forms (soilform archive) is available for a digital soil spatial dataset of the state of Brandenburg. This catalogue characterizes the horizon-descriptive features as well as the average pedochemical and pedo-physical features of the extended area related soilforms. In addition, the denoted scattering parameters provide a sight onto the background of the data as well as onto the expected reliability of the conclusions. Thus, a substantial precondition is provided for the use of a variety of pedological evaluation methods, which are needed to resolve especially soil conservation related problems or which are needed for soil cover models.

9 Literaturverzeichnis

- ADLER, G.H., AKKERMANN, M., ALBRECHT, M., BUSCH, J., DAHLMANN, I., PENNDORF, O. & SCHÜRER, S. (2001): Bodenschutz in der Bauleitplanung - Vorsorgeorientierte Bewertung. Bodenschutz, 6.Jg.(H. 1): 10-18.
- ADLER, G.H., BEHRENS, J., ECKELMANN, W., FEINHALS, J., HARTWICH, R. & KRUG, D. (2004): Übersetzungsschlüssel zum Transfer von Bodendaten aus der deutschen Klassifikation nach KA3 nach KA4 und von KA4 in die internationalen Klassifikationen WRB und FAO, Hannover,
- AdV (2004): Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland, <http://www.atkis.de/>, ATKIS - Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem.
- AEY, W. (1991): Konzept zur Erstellung einer Bodenkarte von Berlin, Gutachten i. A. Senatsverwaltung f. Stadtentwicklung u. Umweltschutz, Berlin, unveröff. Bericht.
- AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Auflage. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 392 pp.
- AG BODEN (2004): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage (im Druck). E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- AG BODENKUNDE (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung, 3. Auflage. Scheitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Hannover.
- AK BODENSYSTEMATIK (1998): Systematik der Böden und der bodenbildenden Substrate Deutschlands. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., Bd. 86: 180.
- ALTERMANN, M., GUTTECK, U., HARTMANN, K.-J., ROSCHE, O. & STEININGER, M. (2004): Zur Ableitung von Bodenparametern aus den Unterlagen der Bodenschätzung als Grundlage zur Bodenkennzeichnung in Sachsen-Anhalt. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 103: 49-50.
- ALTERMANN, M. & KÜHN, D. (1994): Vergleich der bodensystematischen Einheiten der ehemaligen DDR mit denen der Bundesrepublik Deutschland. Z. Angew.Geol., 40(1): 1-11.
- ALTERMANN, M. & KÜHN, D. (1999): Systematik der bodenbildenden Substrate, Kap. 3.2.8. In: H.-P. Blume, P. Felix-Hennigsen, W.R. Fischer, H.G. Frede, R. Horn & K. Stahr (Editors), Handbuch der Bodenkunde. Ecomed, Landsberg/Lech, pp. 1-34.
- ALTERMANN, M., STEININGER, M. & ROSCHE, O. (2003): Kriterien zur Ausweisung und Bewertung von Böden mit Archivfunktion in Sachsen-Anhalt. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., Bd.102(H.2): 421-422.
- ALTERMANN, M. & VILLWOCK, G. (1997): Methodik zur Überführung der PRODAT-Daten in das KA4-Format, Büro f. Bodenökologie, Bodenkartierung u. Bodenschutz Halle & GFE GmbH Halle,
- ALTERMANN, M., WIECHMANN, H., RINKLEBE, J., ROSCHE, O. & EISENMANN, V. (2001): Zur Klassifikation von Böden in Auen. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., Band 96(Heft 2): 467-468.
- ALTMANN, R. (1982): Beitrag zur Charakteristik landwirtschaftlicher Nutzungseinheiten durch Kennzeichnung ihrer inhaltlichen Variabilität und Arealheterogenität auf der Grundlage eines Bonitierungsverfahrens, IGG d. Akad. d. Wiss. d. DDR, Leipzig, Diss.
- ALTMANN, R. & HAASE, G. (1984): Merkmalsvariabilität, Kontrast und Arealheterogenität als Eigenschaften der Landschaftsstruktur. Wiss. Mitt. Inst. für Geographie und Geoökologie, 11: 121-136.

- AUBENDORF, M., FELDHAUS, D., HENNINGS, V., MÜLLER, U., SCHREY, H.-P., SIEMER, B., VORDERBRÜGGE, T. & WOUTSAKIS, A. (2003): Methodenkatalog zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen, der Archivfunktion des Bodens, der Gefahr der Entstehung schädlicher Bodenveränderung sowie der Nutzungsfunktion "Rohstofflagerstätte" nach BBodSchG, Hannover,
- BARITZ, R. (2003): Humus forms in forests of the Northern German lowlands. Geol. Jb., Sonderhefte Reihe F, Heft SF3. Scheitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Hannover, 145 pp.
- BARTH, N., BRANDNER, W., CORSEN, E., DANN, T., EMMERICH, K.-H., FELDHAUS, D., KLEEFISCH, B., SCHILLING, B. & UTERMANN, J. (2000): Boden-Dauerbeobachtung - Einrichtung und Betrieb von Boden-Dauerbeobachtungsflächen. In: D. Rosenkranz, G. Bachmann, W. König & G. Einsele (Editors), Handbuch Bodenschutz.
- BARTSCH, H.-U., BENNE, I., GEHRT, E., SBRESNY, J. & WALDECK, A. (2003): Aufbereitung und Übersetzung der Bodenschätzung. Arbeitshefte Boden, Heft 1: 45-95.
- BÄTZ, G., DÖRFEL, H., FUCHS, A. & THOMAS, E. (1987): Einführung in die Methodik des Feldversuchs, 2. Auflage. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, Berlin.
- BAURIEGEL, A. (1994). Zur Erstellung von Bodenkarten auf der unterschiedlichen bodensystematischen Basis Ost- und Westdeutschlands - Ergebnisse einer Vergleichskartierung im Raum Großes Bruch-Großer Fallstein (Ausschnitt Meßtischblatt Hessen 3930), Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle/Saale, 109 pp.
- BAURIEGEL, A. (2000): Das Flächenbodenformenarchiv für das Land Brandenburg. Horizonte - Herrenhäuser Forschungsbeiträge zur Bodenkunde, Band 3: 107-118.
- BAURIEGEL, A. (2001): Methode zur regelhaften Ableitung von Flächenbodenformen (Idealprofilen) zur Nutzung von Flächendatenbanken. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 96(H. 2): 471-472.
- BAURIEGEL, A., GRÜLL, M., HERING, J. & KAYSER, M. (2003): Die Bodengesellschaften der Stauchmoränengebiete Ostbrandenburgs. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., Band 100: 155-168.
- BAURIEGEL, A., HANNEMANN, J. & KÜHN, D. (1997a): Beziehungen zwischen Punkt- und Flächendaten am Beispiel der BÜK 50 Blatt Potsdam. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., Band 85(Heft III): 1099-1102.
- BAURIEGEL, A. & KÜHN, D. (1995): Erfassungsschlüssel für die Aufnahme bodenkundlicher Aufgrabungen, Sondierungen und sonstiger Aufschlüsse. Landesamt f. Geowissenschaften u. Rohstoffe Brandenburg, Dezernat Bodengeologie, Kleinmachnow, 82 pp.
- BAURIEGEL, A., KÜHN, D. & HANNEMANN, J. (1997b): Bodengeologische Karte des Landes Brandenburg 1:50 000, Blatt L 3744 Potsdam. Landesamt f. Geowissenschaften u. Rohstoffe Brandenburg & Landesvermessungsamt Brandenburg, Kleinmachnow/Potsdam.
- BAURIEGEL, A., KÜHN, D. & HANNEMANN, J. (2000): Zur Aussagekraft von Bodenflächendaten. Bodenschutz, Band 2.
- BAURIEGEL, A., KÜHN, D., SCHMIDT, R., HERING, J. & HANNEMANN, J. (2001): Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg im Maßstab 1:300 000. Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, Kleinmachnow/Potsdam.
- BBODSCHG (1998): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz) vom 17.03.1998 (BGBl I. S. 502).
- BBODSCHV (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, BGBl 1554.

- BENNE, I., HEINECKE, H.J. & NETTELMANN, R. (1990): DV-gestützte Auswertung der Bodenschätzung, Technische Berichte zum NIBIS, Hannover,
- BILLEN, N., STAHR, K., LEHMANN, D. & LENZ, R. (2003): Mit neuronalen Netzen entwickelte Konzeptkarte im GIS - Erstellung einer flächendeckenden Planungsgrundlage. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., Band 102(Heft 2): 431-432.
- BLANK, E. (1911): Über die Bedeutung der Bodenkarte für die Bodenkunde und Landwirtschaft. Frühlings Landdw. Ztg., 60: 121-145.
- BLUME, H.-P. (1981): Typische Böden Berlins. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 31: 1-352.
- BLUME, H.-P. (1999): Böden städtisch-industrieller Verdichtungsräume, Kap. 3.4.4.9. In: H.-P. Blume, P. Felix-Henningsen, W.R. Fischer, H.G. Frede, R. Horn & K. Stahr (Editors).
- BMELF (1994): Bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE), Arbeitsanleitung, Bundesministerium f. Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BMELF), Bonn,
- BMU (1998): Umweltdatenkatalog (UDK), <http://www.umweltdatenkatalog.de/>. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz.
- BODSCHÄTZG (1934): Gesetz über die Schätzung des Kulturbodens, Reichsgesetzblatt I, Berlin, pp. 1050.
- BODSCHÄTZTECHNANW (1935): Anweisung für die technische Durchführung der Bodenschätzung, Teil I, Berlin.
- BÖHNER, J. & KÖTHE, R. (2003): Bodenregionalisierung und Prozessmodellierung: Instrumente für den Bodenschutz. Petermanns Geographische Mitteilungen, 147(3): 72-82.
- BORK, H.-R., BORK, H., DALCHOW, C., FAUST, B., PIORR, H.-P. & SCHATZ, T. (1998): Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa. Perthes, Gotha.
- BÖTTCHER, J., TEICHERT, A., SPRINGOB, G. & DUIJNISVELD, W.H.M. (1999): Variabilität von pH-Werten in Sandböden unter Kiefer in Raum und Zeit: Ergebnisse von Langzeitmessungen (24 Monate) auf der 10-m-Skala. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., Band 91(Heft 1): 302-304.
- BOUCNEAU, G., VAN MEIRVENNE, M., THAS, O. & HOFMAN, G. (1998): Integrating properties of soil map delineations into ordinary kriging. European Journal of Soil Science, 49: 213-229.
- BOUMA, J. (1985): Soil variability and soil survey. In: D.R. Nielsen & J. Bouma (Editors), Soil spatial variability. Pudoc, Wageningen, pp. 130-149.
- BOUMA, J. (1989): Using Soil Survey Data for Quantitative Land Evaluation. Advances in Soil Science, Band 9. Springer-Verlag, New York, 177-213 pp.
- BRINKMANN, S., SPRINGOB, G. & BÖTTCHER, J. (2001): Analyse von Einflussfaktoren auf den C_{org}-Gehalt sandiger Böden Norddeutschlands mittels Transektbeprobungen kleiner Landschaftsausschnitte. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 96(Heft 2): 589-590.
- BRUS, D.J. & DE GRUIJTER, J.J. (1997): Random sampling or geostatistical modelling ? Choosing between design-based and model-based sampling strategies for soil (with Discussion). Geoderma, 80: 1-44.
- BURGER, H. (2004): Schriftliche Mitteilung
- BURGHARDT, W. (1976): Einflüsse von Moorbodeneigenschaften auf die kapillare Wassernachlieferung. Z. Pflanzenern. Bodenk., 139: 343-357.

- BURROUGH, P.A. (1993): Soil variability: a late 20th century view. *Soils and Fertilizers*, 56(5): 529-562.
- BURROUGH, P.A., BOUMA, J. & YATES, S.R. (1994): The state of the art in pedometrics. *Geoderma*, 62: 311-326.
- BURROUGH, P.A., VAN GAANS, P.F.M. & HOOTSMANS (1997): Continuous classification in soil survey: spatial correlation, confusion and boundaries. *Geoderma*, 77: 115-135.
- BUSSEMER, S. (1998): Bodengenetische Untersuchungen an Braunerde- und Lessiveprofilen auf Sandstandorten des brandenburgischen Jungmoränengebiets. *Münchener Geographische Abh.*, Bd. 49, München, 27-93 pp.
- CAPELLE, A., GEHRT, E., HEINECKE, H.J., MESSNER, B., NETTELMANN, R., OELKERS, K.-H., REITER, T. & SCHUBERT, T. (1997): Böden in Niedersachsen, Teil 1: Bodeneigenschaften, Bodennutzung und Bodenschutz. Niedersächsisches Bodeninformationssystem NIBIS. Fachbereich Bodenkunde des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung, Hannover, 125 pp.
- CRONEWITZ, E. (1983): Nutzeranleitung Teilinformationssystem DABO-PRODAT mit Sachverhaltschlüssel, Forschungszentrum f. Bodenfruchtbarkeit Müncheberg der Akad. d. Landwirtschaftswissenschaften d. DDR, Bereich Bodenkunde/Fernerkundung Eberswalde,
- DAHIYA, I.S., RICHTER, J. & MALIK, R.S. (1984): Soil spatial variability: A review. *Intern. J. Trop. Agri.*, II(1): 1-102.
- DANN, T., HANETSCHAK, M., RATZKE, U. & WEINERT, R. (1995): Geologische Karte von Mecklenburg-Vorpommern. Übersichtskarte 1:500 000 - Böden. Geologisches Landesamt Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin.
- DEHNER, U., HARTMANN, K.-J., KRUG, D. & GEHRT, E. (2001): Zur Hinterlegung der Bodenübersichtskarte 1:200000 (BÜK 200) mit bodenkundlichen Flächendatensätzen. *Z. Angew. Geol.*, 47(2): 121-125.
- DIN1054 (2003): Baugrund, Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau.
- DIN19681 (1977): Physikalische Laboruntersuchungen - Bestimmung der Trockenrohdichte.
- DIN19683-2 (1977): Physikalische Laboruntersuchungen - Kongrößenverteilung der Feinerde (<2mm).
- DIN19683-5 (1977): Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau - Physikalische Laboruntersuchungen - Bestimmung der Saugspannung des Bodenwassers.
- DIN19684 (1977): Bestimmung des Aschegehaltes (Glühverlust).
- DIN-ISO10390 (1997): Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des pH-Wertes.
- DIN-ISO10693 (1997): Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des Carbonatgehaltes nach Scheibler.
- DIN-ISO11272 (1995): Bodenbeschaffenheit - Bestimmung der Trockenrohdichte.
- DIN-ISO13536 (1995): Bodenbeschaffenheit - Bestimmung der potenziellen Kationenaustauschkapazität und der austauschbaren Kationen unter Verwendung einer bei pH 8,1 gepufferten Bariumchloridlösung.
- DÜWEL, O., UTERMANN, J. & HARTWICH, R. (1997): Zur kleinmaßstäbigen pedoregionalen Repräsentanz von Hintergrundwerten. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, 85(III): 1123-1126.

- EG (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik - Wasserrahmenrichtlinie, ABl.L 327.
- EVERS, J., KÖNIG, N., WOLFF, B. & MEIWES, K.J. (2001): Vorbereitung der zweiten Bodenzustandserhebung im Wald - Untersuchungen zur Laboranalytik, Stickstoffbestimmung und zeitlichen Variabilität bodenchemischer Parameter, Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, Göttingen,
- FISCHER-ZUJIKOV, U. (2000). Die Schwarzerden Nordostdeutschlands - ihre Stellung und Entwicklung im holozänen Landschaftswandel, Humboldt-Univ. Berlin, Berlin, 183 pp.
- FLECK, W. (1999): Musterprofile auf BK25, Blatt 6517 Mannheim-Südost, Landesamt f. Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, Freiburg i.B.,
- FRIDLAND, V.M. (1972): Die Struktur der Bodendecke (russ.). Akad. d. Wiss. d. UdSSR, Geogr. Inst., Akad. d. Landwirtschaftswiss., Dokutschajew Inst., Moskau, 291 pp.
- FRIDLAND, V.M. (1976): Pattern of the Soil Cover. Keter Publishing House Jerusalem Ltd., Jerusalem, 291 pp.
- FRIEDRICH, C. (2001): GIS-basierte Regionalisierung und Quantifizierung unscharfer Bodeninformationen mit der Hilfe Fuzzy-Set-Theorie. Boden und Landschaft, Band 35. Schriftenreihe zur Bodenkunde, Landeskultur und Landschaftsökologie, Gießen.
- FRIEDRICH, K. (1999): Die Bodenflächendaten 1:50 000 Hessen, Ziele, Aufbau und Erfahrungen. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., Band 91(II): 977-980.
- FRIEDRICH, K. & KEIL, B. (2003): Bodenschutzbezogene Auswertung von Bodenschätzungsdaten für Hessen und Rheinland-Pfalz - Projektübersicht. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., Band 102(Heft 2): 469-470.
- FROHSE, L. (1996): Erkundung und Beschreibung des Untergrundes von Deponien und Altlasten - Deponie Schöneiche, Bundesanstalt f. Geowissenschaften und Rohstoffe,
- FUCHS, M. (2002). Methoden zur objektiven Ableitung von Bodenkarten im Folgemaßstab - Unterstützung der geometrisch-begrifflichen Generalisierung von Bodenkarten durch erweiterte Werkzeuge in einem Geo-Informationssystem, Freie Universität, Berlin, 184 pp.
- GEHRT, E., CAPELLE, A., IMAMUGLU, A., KLAUSING, C., OELKERS, K.-H. & UNBEHAUN, E. (1995): Bodenkundliche Übersichtskarte von Niedersachsen und Bremen 1:500 000. Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover.
- GOOVAERTS, P. (1999): Geostatistics in soil science: state-of-the-art and perspectives. Geoderma, 89: 1-45.
- GOOVAERTS, P. (2000): Estimation or simulation of soil properties? An optimization problem with conflicting criteria. Geoderma, 97: 165-186.
- GREIFENHAGEN, A. (2004, i.Druck): Einfluss der Humusaufgabe auf das Benetzungsverhalten und den Wasserhaushalt von Kiefernstandorten. Bodenökologie und Bodengenese, Heft 37. FG Bodenkunde/Standortkunde und Bodenschutz, Institut f. Ökologie, Technische Universität Berlin, Selbstverlag, Berlin.
- GRENZIUS, R. (1986): Die Böden Berlins (West). Inst. f. Ökologie. Technische Universität, Berlin.
- GRENZIUS, R. & BLUME, H.-P. (1985): Karte der Bodengesellschaften von Berlin (West) 1:50 000, Umweltatlas Berlin, Berlin.

- GRIMM, J., MONSE, M., HIEROLD, W. & SCHMIDT, R. (1996): Bodendauerbeobachtung zur Bodenzustandsbeschreibung und -überwachung im Land Brandenburg, Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam,
- GRÖNGRÖFT, A. & SCHWARZ, R. (1999): Vorschläge für die Klassifikation der Böden in Auengebieten - abgeleitet aus den Erfahrungen der Mittelelbe. *Hamburger Bodenkundliche Arbeiten*, 44: 155-170.
- HAASE, G. (1968): Pedon und Pedotop - Bemerkungen zu Grundfragen der regionalen Bodengeographie. In: H. Barthel (Editor), *Landschaftsforschung. Petermanns Geographische Mitteilungen*, Gotha/Leipzig, pp. 57-76.
- HAASE, G. & SCHMIDT, R. (1970): Die Struktur der Bodendecke und ihre Kennzeichnung. *Arch. Acker-, Pflanzenbau u. Bodenk.*, 14(Heft 5): 399-412.
- HAASE, G. & SCHMIDT, R. (1975): Struktur und Gliederung der Bodendecke der DDR. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 119(4): 279-300.
- HANGEN, E. (2003): Präferenzieller Fluss in einem heterogenen aufgeforsteten Kippenboden. *Cottbuser Schriften zum Bodenschutz und Rekultivierung*, Band 19: 186.
- HANNEMANN, J. (2003): Die Berücksichtigung inhaltlicher und räumlicher Unschärfen bei der GIS-unterstützten Erstellung der bodengeologischen Karte von Brandenburg im Maßstab 1:50 000 (BK 50) - ein Test am Beispiel des Blatts Königs Wusterhausen. *Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge*, 1/2: 61-76.
- HANNEMANN, J. (2004): Bodengeologische Karte des Landes Brandenburg 1:50 000, Blatt L 3746 Königswusterhausen (Entwurf). LA. f. Geowissenschaften u. Rohstoffe Brandenburg & Landesbetrieb f. Geobasisdaten, Kleinmachnow/Potsdam.
- HANNEMANN, J., BAURIEGEL, A. & KÜHN, D. (1999): Bildung von Flächenbodenformen für die Verwendung in Karten und Geographischen Informationssystemen. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, Band 91(Heft 2): 1005-1009.
- HARTGE, K.H. & HORN, R. (1992): *Die physikalische Untersuchung von Böden*, 3., durchgesehene Auflage. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 177 pp.
- HARTMANN, K.-J., FLEISCHER, C. & STRING, P. (2002): Bodenkundliche Informationen - von Profiluntersuchungen zur Flächeninformation, LA. f. Geologie u. Bergwesen Sachsen-Anhalt, Halle/Saale,
- HARTMANN, K.-J. & KAINZ, W. (1997): Konzept zur Übertragung bodenkundlicher Daten aus dem Sprachgebrauch der früheren DDR in die aktuelle deutsche Nomenklatur. *Z. Angew. Geol.*, 43(2): 112-117.
- HARTWICH, R., BEHRENS, J., ECKELMANN, W., HAASE, G., RICHTER, A., ROESCHMANN, G. & SCHMIDT, R. (1995a): Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000 - Karte mit Erläuterungen, Textlegende und Leitprofilen. Bundesanstalt f. Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.
- HARTWICH, R., KRUG, D. & ECKELMANN, W. (1995b): Anleitung zur Erarbeitung der Bodenübersichtskarte i. M. 1:200 000 (BÜK 200), Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover,
- HAUENSTEIN, M. & MAIER-HARTH, U. (1995): Optimierte Bestimmung der potenziellen Kationenaustauschkapazität zur Quantifizierung des Schadstoffrückhaltevermögens von geologischen Barrieregesteinen, Kompensationsschichten und mineralischen Deponieabdichtungen. *Mainzer Geowiss. Mitteilgn.*, 24: 269-278.

- HEINECKE, H.J., FILIPINSKI, M. & DUMKE, I. (1995): Vorschlag zum Aufbau des Fachinformationssystem Bodenkunde - Profil- Flächen- und Labordatenbank. Geol. Jb., F30, Hannover, 82 pp.
- HENNINGS, V. (1991): Die Bedeutung der räumlichen Variabilität bodenkundlicher Basisdaten für aktuelle und zukünftige Kartiertechniken, dargestellt an einem Beispielsgebiet im nördlichen Harzvorland. Geol. Jb., F28. Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart, Hannover, 143 pp.
- HENNINGS, V. (2000): Methodendokumentation Bodenkunde - Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden. Geologisches Jahrbuch, SG 1. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und die Staatlichen Geologischen Dienste in der Bundesrepublik Deutschland, Hannover.
- HENNINGS, V. (2002): Accuracy of coarse-scale land quality maps as a function of the upscaling procedure used for soil data. Geoderma, 107: 177-196.
- HENNINGS, V. & DUIJNISVELD, W.H.M. (1997): Projekt Gorleben - Untersuchungsprogramm Dömitz-Lenzen, Bodenkundliche Kartierung und flächendifferenzierte Berechnung der Sickerwasserrate aus dem Boden im Projektgebiet Dömnitz Lenzen, Bundesanstalt f. Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover,
- HERING, J., BAURIEGEL, A. & KAYSER, M. (2004): Zur Genese ziegelroter Böden in den quartären Landschaften Brandenburgs. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 103: 133-134.
- HEUVELINK, G.B.M. & WEBSTER, R. (2001): Modelling soil variation: past, present, and future. Geoderma, 100: 269-301.
- HIEROLD, W. (2002): Profildatenbank des Zentrums f. Agrarlandschafts und Landnutzungsforschung Münscheberg.
- HIEROLD, W. & NAGEL, D. (2001): Die Wölbäcker von Natteheide (Brandenburg) - Zeugnisse historischer Landschaftsnutzung. In: U. Harteisen (Editor), Kulturlandschaftsforschung und Umweltplanung. GCA-Verlag, Göttingen, pp. 101-111.
- HINDEL, R., FLEIGE, H., BECKER-GREtenKORD, B., BOMBIEN, H., GERTH, E., HEISLER, J., MOLDENHAUER, K.M., SCHÖN, J. & WEIDNER, E. (1995): Kennzeichnung der Empfindlichkeit der Böden gegenüber Schwermetallen unter Berücksichtigung von lithogenem Grundgehalt, pedogener An- und Abreicherung sowie anthropogener Zusatzbelastung (Teil II), Umweltbundesamt, Berlin,
- HLUG (2002): Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen 1:50 000, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden,
- HOLE, F.D. & CAMPBELL, J.B. (1985): Soil Landscape Analysis. Rowman & Allanheld, Totowa, New Jersey, 197 pp.
- HUSCHEK, G. & KRENGEL, D. (2003): Länderübergreifende Auswertung von Daten der Bodendauerbeobachtungsflächen der Länder, Inst. f. Umweltschutz u. Qualitätssicherung, Potsdam, unveröff. Bericht i. A. des Umweltbundesamtes Berlin.
- HÜTTL, R., KLEM, D. & WEBER, E. (Editors) (1999): Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften - Das Beispiel des Lausitzer Braunkohlenreviers. de Gruyter, Berlin, New York, 295 pp.
- ICP-FOREST (2003): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Part IIIa Sampling and Analysis of Soil, Upgrade of the 4th edition. Forest Soil Co-ordinating Centre, Inst. f. Forestry a. Game Management, Brüssel.
- IME (2004): http://www.ime.fraunhofer.de/oeko/abt/oekochem/oekochem_p4.htm.

- JENNY, H. (1941): Factors of soil formation. McGraw-Hill, New York.
- JESSEL, B., DOTTERWEICH, M., FEIKERT, U. & SCHMIDT, R. (2000): Bodenbewertung für Planungs- und Zulassungsverfahren im Land Brandenburg, Univ. Potsdam, i. A. d. Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, Potsdam, unveröffentlicht.
- KAHLE, P. (2003): Bodenphysikalische Eigenschaften anthropogener Böden im Stadtgebiet von Rostock. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., Band 102(Heft 2): 503-504.
- KANTOR, W. & MÜLLER, H. (1994): Schwermetallgehalte in Böden Brandenburgs, Bundesanstalt f. Geowissenschaften u. Rohstoffe & Landesamt f. Geowissenschaften u. Rohstoffe Brandenburg, Hannover, Kleinmachnow, unveröff. Bericht.
- KASCH, E. (1971): Arbeitsrichtlinie zur Durchführung der Standortkundlichen Ergänzung der Bodenschätzung, 2. Auflage. Inst. f. Bodenkunde Eberswalde, Eberswalde.
- KATZUR, J., BÖCKER, L. & STÄHR, F. (1999): Humus- und Bodenentwicklung in Kippen-Forstökosystemen. Der Wald, 25: 1339-1341.
- KAYSER, M. (2003): Ableitung von mittleren bodenphysikalischen Kennwerten für die Horizont-Substrat-Kombinationen, LA. f. Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, Kleinmachnow, unveröff. Bericht.
- KNOCH, D. (1999): Entwicklung der bodenchemischen Eigenschaften forstlich rekultivierter Kipp-Sande des Lausitzer Braunkohlenreviers - Erste Ergebnisse einer Chronosequenzstudie. Arch. Acker-, Pflanzenbau u. Bodenk., 44: 175-195.
- KOEPKE, V. (1989): Bodenwasserregulierung - Anleitung zur Standortkennzeichnung und Anlagen-diagnose. Akad. d. Landwirtschaftswiss. d. DDR, Forschungszentrum f. Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Müncheberg, 139 pp.
- KOFALK, S. (1998): Einfluß von Bodenvariabilität und Relief auf Wasserhaushalt und Stickstoffgehalt eines Grundmoränenstandorts. Bodenökologie und Bodengenese, Heft 29. FG Bodenkunde/Standortkunde und Bodenschutz, Inst. f. Ökol. & Biol., Techn. Univ. Berlin, Selbstverlag, Berlin.
- KONOPATZKY, A. (1999): In: LFE (1999): Der Bodenzustand in den Wäldern Brandenburgs - Ergebnisse der Bodenzustandserhebung der Jahre 1989-1994, Landesforstanstalt Eberswalde.
- KONOPATZKY, A. & KALLWEIT, R. (1999): Der Bodenzustand in den Wäldern Brandenburgs - Ergebnisse der Bodenzustandserhebung der Jahre 1989-1994, Landesforstanstalt Eberswalde,
- KOPP, D. (1965): Die periglaziäre Deckzone (Geschiebedecksand) im norddeutschen Tiefland und ihre bodenkundliche Bedeutung. Ber. Geol. Ges. DDR, 10: 739-771.
- KOPP, D.U.A. (1969): Die Waldstandorte des Tieflandes. Ergebnisse der forstlichen Standortserkundung in der Deutschen Demokratischen Republik, Erster Band. VEB Forstprojektierung Potsdam, Potsdam, 141 pp.
- KRAHMER, U., HENNINGS, V., MÜLLER, U. & SCHREY, H.-P. (1995): Ermittlung bodenphysikalischer Kennwerte in Abhängigkeit von Bodenart, Lagerungsdichte und Humusgehalt. Z. Pflanzenern. Bodenk., 158: 323-331.
- KRAUSE, C., FISCH, E. & ROHRBACH, J. (1993): Kationenaustauschkapazität - Ein Beitrag zur Methodenstandardisierung für die Bewertung mineralischer Deponieabdichtungen. Keram. Z., 45(7): 385-389.

- KRUG, D., FEINHALS, J. & ADLER, G.H. (2002): Die Datenbank der Bodenübersichtskarte 1:200.000 (BÜK 200): bundesweit einheitlicher Erfassungsstandard für Bodenflächendaten. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, Band 98: 13-14.
- KRUG, D. & HARTWICH, R. (2001): Die Flächendatenbank der Bodenübersichtskarte 1:200 000 (BÜK 200) Basisdaten für den länderübergreifenden Bodenschutz. *Z. Angew. Geol.*, 47(2): 114-120.
- KÜHN, D. (1996): Anleitung zur Erarbeitung einer Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:50 000 (BÜK 50) für das Land Brandenburg. Landesamt f. Geowissenschaften u. Rohstoffe Brandenburg, Kleinmachnow, 28 pp.
- KÜHN, D. (2000): Zum Sinn und Zweck der bodenkundlichen Substratsystematik. In: A. Bauriegel, J. Ilsemann, C. Michel & R.R. van der Ploeg (Editors), *Boden - Objekt menschlichen Nutzung und Forschung, Horizonte - Herrenhäuser Forschungsbeiträge zur Bodenkunde*. Der Andere Verlag, Osnabrück.
- KÜHN, D. (2001): Möglichkeiten und Regeln der Ableitung und Darstellung von anthropogen bestimmten Bodenformengesellschaften in Bodenübersichtskarten. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, Bd. 96(H. 2): 519-520.
- KÜHN, D. (2003): Die Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg im Maßstab 1:300 000 (BÜK 300) - eine digitale Karte mit einer Präsentation im Internet. *Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge*, 1/2: 53-60.
- LABO (1998): Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz: Hintergrundwerte für organische und anorganische Stoffe in Böden. In: D. In Rosenkranz, Einsele, G., Harreß, H.-M. & Bachmann, G. (Editor), *Bodenschutz: ergänzbares Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden*, Kennziffer 9006.
- LABO (2003): Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden, 3. überarbeitete und ergänzte Auflage. Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz.
- LAGACHERIE, P. & VOLTZ, M. (2000): Predicting soil properties over a region using sample information from a mapped reference area and digital elevation data: a conditional probability approach. *Geoderma*, 97: 187-208.
- LAGB (2004): <http://www1.mw.sachsen-anhalt.de/gla/daten/boden/>.
- LAMP, P. & AMESKAMP, M. (1998): Definition and use of functional soil horizons as keys in spatial land informations systems. In: H.J. Heinecke, W. Eckelmann, A.J. Thomasson, R.J.A. Jones, L. Montanarella & B. Buckley (Editors), *Land Informations Systems - Developments for planning the sustainable use of land resources*. European Soil Bureau, Luxembourg, pp. 279-291.
- LANGNER, L. & BAURIEGEL, A. (2003): Visual basic Skripte für Verknüpfungs- und Generalisierungsregeln zur Ableitung der Horizont-Substrat-Kombinationen, LA. f. Geowissenschaften u. Rohstoffe Brandenburg, Kleinmachnow, unveröff. Bericht.
- LDS (2004): Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Land Brandenburg, Flächennutzungen, http://www.ldspdm.ldsbb.lvnbb.de/sixcms/detail.php?id=16279&topic_id=51538&nav=51538.
- LEHMANN, D., BILLEN, N. & LENZ, R. (1999): Anwendung von Neuronalen Netzen in der Landschaftsökologie - Synthetische Bodenkartierung im GIS. In: J. Strobl & T. Blaschke (Editors), *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung - Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg*. Wichmann Verlag, Heidelberg, pp. 330-336.

- LGRB (2002): <http://katalog.lgrb.de/>. Landesamt f. Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, Kleinmachnow.
- LIEBEROTH, I. (1982): Bodenkunde, 3.Auflage. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- LIEBEROTH, I., ADLER, G.H., CRONEWITZ, E. & LESCH, E. (1980): Die Profildateien des Informationssystems "Bodenparameter" (DABO-PRODAT). Arch. Acker-, Pflanzenbau u. Bodenk., 24(9): 547-552.
- LIEBEROTH, I., EHWALD, KOPP, D. & SCHWANECKE, W. (1967): Bildung, Kennzeichnung und Benennung der Hauptbodenformen (Hauptbodenformenliste). In: I. Lieberoth & Autorenkollektiv (Editors), Kennzeichnung und Beschreibung landwirtschaftlich genutzter Standorte in der DDR. Akad. d. Landwirtschaftswissenschaften d. DDR, Inst. f. Bodenkunde, Eberswalde.
- LIEBEROTH, I., KOPP, D. & SCHWANECKE, W. (1991): Zur Klassifikation der Mineralböden bei der land- und forstwirtschaftlichen Standortskartierung. Petermanns Geographische Mitteilungen, Gotha, 3: 153-164.
- LIEBEROTH, I.U.A. (1971): Hauptbodenformenliste mit Bestimmungsschlüssel für die landwirtschaftlich genutzten Standorte der DDR, Akad. d. Landwirtschaftswissenschaften d. DDR, Inst. f. Bodenkunde, Eberswalde,
- LIPPSTREU, L. (1995): Brandenburg. In: L. Benda (Editor), Das Quartär Deutschlands. Gebrüder Borntraeger, Berlin/Stuttgart, pp. 116-147.
- LIPPSTREU, L., HERMSDORF, N. & SONNTAG, A. (1997): Geologische Übersichtskarte des Landes Brandenburg 1:300 000. Landesamt f. Geowissenschaften u. Rohstoffe Brandenburg, Landesvermessungsamt Brandenburg, Kleinmachnow, Potsdam.
- LORZ, C. & OPP, C. (2000): Hemerobiegrad und Seltenheit von Böden, dargestellt an Bodenprofilen und Bodencatenen (Bodenlandschaften). Geowiss. Mittlg. Thüring . 10: 53-61.
- LÖSEL, G. & HENNINGS, V. (2003): Legendenerweiterung kleinmaßstäbiger Bodenkarten durch Heterogenitätsmaße - Notwendigkeit und Möglichkeiten. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., Band 102(Heft II): 525-526.
- LUA (2003): Anforderungen des Bodenschutzes bei Planungs- und Zulassungsverfahren im Land Brandenburg - Handlungsanleitung. Bodenschutz, 1. Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam, 68 pp.
- MARSMAN, B.A. & DE GRUIJTER, J.J. (1986): Quality of soil maps. A comparison of survey methods in a sandy area. Soil Survey Papers, No. 15: 103.
- MATHERON, G. (1971): The theory of regionalised variables and its applications, Les Cahiers du centre de morphologie mathématique de Fontainebleau. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris,
- MCBRATNEY, A.B. & ODEH, I.O.A. (1997): Application of fuzzy sets in soil science: fuzzy logic, fuzzy measurements and fuzzy decisions. Geoderma, 77: 85-113.
- MCBRATNEY, A.B., ODEH, I.O.A., BISHOP, T.F.A., DUNBAR, M.S. & SHATAR, T.M. (2000): An overview of pedometric techniques for use in soil survey. Geoderma, 97: 293-327.
- MEHLICH, A. (1960): Change characterization of soils, 7th Intern. Congr. Soil Sci, Madison, Wisc., pp. 292-302.
- MEIWES, K.-J., KÖNIG, N., KHANNA, P.K., PRENZEL, J. & ULRICH, B. (1984): Chemische Untersuchungsverfahren für Mineralböden, Auflagehumus und Wurzeln zur Charakterisierung und Bewertung der Versauerung in Waldböden. Berichte d. Forschungszentrums Waldökosysteme/ Waldsterben, 7, Göttingen.

- MICHEL, C. (1994). Großmaßstäbige Bodenkartierung zur Abschätzung des Erosionsgeschehens im Bereich der Himmelberge zwischen Wettin und Dössel, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle/Saale, 96 pp.
- MLUR (2001): Landschaftsprogramm Brandenburg (LAPRO), Ministerium f. Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg,
- MONSE, M., ALBERT, J., SCHOLZ, B. & SCHMIDT, R. (1998): Regionalisierung von Bodenschutzdaten auf Auenstandorten, Fachhochschule Eberswalde, Fachbereich Landschaftsnutzung und Naturschutz im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg, Eberswalde,
- MORSTEIN, K.-H. (2003): Brandenburg. In: E.-M. Pfeiffer, S. Sauer & E. Engel (Editors), Bodenschätzung und Bodenbewertung, Nutzung und Erhebung von Bodenschätzungsdate. Verlag Chmielorz GmbH, Wiesbaden.
- MORSTEIN, K.-H. (2004): Schriftliche Mitteilung, Oberfinanzdirektion Cottbus,
- MÜLLER, H. (2004): schriftliche Mitteilung.
- MÜLLER, U. (1997): Auswertungsmethoden im Bodenschutz, Dokumentation zur Methodendatenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystem (NIBIS), Niedersächsisches Landesamt f. Bodenforschung, Hannover,
- NEUMEISTER, H., HAASE, D. & REGBER, R. (1997): Methodische Aspekte zur Ermittlung von Versauerungstendenzen und zur Erfassung von pH-Werten in Waldböden. Petermanns Geographische Mitteilungen, 141(5+6): 385-399.
- NLFB (2002): Profilerfassungsprogramm (PEP), <http://www.nlfb.de/boden/downloads/pep/>. Niedersächsisches Landesamt f. Bodenforschung.
- OBERTHÜR, T., GOOVAERTS, P. & DOBERMANN, A. (1999): Mapping soil texture classes using field texturing, particle size distribution and local knowledge by both conventional and geostatistical methods. European Journal of Soil Science, 50: 457-479.
- ORTH, A. (1870): Die geologischen Verhältnisse des norddeutschen Schwemmlandes mit beonderer Berücksichtigung der Mark Brandenburg und die Anfertigung geognostisch-agronomischer Karten, Halle/Saale.
- PFEIFFER, E.-M., SAUER, S. & ENGEL, E. (2003): Bodenschätzung und Bodenbewertung, Nutzung und Erhebung von Bodenschätzungsdaten, 1. Auflage. Verlag Chmielorz GmbH, Wiesbaden.
- RABEN, G., ANDREAE, H., KARST, H. & SYMOSSEK, F. (2000): Bodenzustandserhebung (BZE) in den sächsischen Wäldern (1992-1997), Sächsische Landesanstalt für Forsten, Graupa,
- RANK, G., KARDEL, K., PÄLCHEN, W. & WEIDENDÖRFER, H. (1999): Bodenatlas des Freistaates Sachsen, Teil 3, Bodenmeßprogramm, Bodenmeßnetz Raster 4km x 4km, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden,
- RAU, D., SCHRAMM, H., WUNDERLICH, J. (2000): Die Leitbodenformen Thüringens. Geowiss. Mittlg. Thüring . 3.
- RIEK, R., WESSOLEK, G., RENGGER, M. & FACKLAM, M. (1992): Ableitung bodenphysikalischer Kennwerte aus Basisdaten auf der Grundlage von bodenkundlichen Labordatenbanken, Techn. Univ. Berlin, Bericht i. A. d. Bundesanstalt f. Geowissenschaften u. Rohstoffe, Hannover, unveröff. Bericht.
- RIEK, R., WESSOLEK, G., RENGGER, M. & VETTERLEIN, E. (1995): Luftkapazität, nutzbare Feldkapazität und Feldkapazität von Substrathorizontgruppen - eine statistische Auswertung von Labordatenbanken. Z. Pflanzenern. Bodenk., 158: 485-491.

- RIEK, R. & WOLFF, B. (1997): Repräsentanz des europäischen 16x16km-Erhebungsnetzes für die Aussagen zum deutschen Waldbodenzustand, Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg, Eberswalde,
- RIEK, W., STÄHR, F. (2004): Eigenschaften typischer Waldböden im Nordostdeutschen Tiefland unter besonderer Berücksichtigung des Landes Brandenburg - Hinweise für die Waldbewirtschaftung. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, 19. Landesforstanstalt Brandenburg, Eberswalde, 180 pp.
- RILLING, K., WALDMANN, F., FLECK, W. & KÖSEL, M. (1993): Bodenübersichtskarte von Baden-Württemberg 1:200 000, Blatt CC 7918 Stuttgart-Süd, Karte und Tabellarische Erläuterung.
- RINKLEBE, J. (2004): Differenzierung von Auenböden der Mittleren Elbe und Quantifizierung des Einflusses von deren Bodenkennwerten auf die mikrobielle Biomasse und die Bodenenzymaktivitäten von β -Glucosidase, Protease und alkalischer Phosphatase. Diss. Martin-Luther-Univ., Halle, 113 pp.
- RINKLEBE, J., HEINRICH, K. & H.-U., N. (2000): Auenböden im Biosphärenreservat Mittlere Elbe - ihre Klassifikation und Eigenschaften. In: K. Frieße, B. Witter, G. Miehlisch & M. Rode (Editors), Stoffhaushalt von Auenökosystemen - Böden und Hydrologie, Schadstoffe, Bewertungen. Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 37-46.
- RÖSCH, A. & KURANDT, F. (1941): Reichsbodenschätzung und Reichskataster, 2. Auflage. Carl Heymanns Verlag, Berlin, 300 pp.
- ROSCHÉ, O. & ALTERMANN, M. (2002): Sandlöß-/ Lösssanduntersuchungen im westlichen Fläming - landwirtschaftlich genutzte Böden, Mitteldeutsches Institut für angewandte Standortkunde und Bodenschutz, Halle/Saale, unveröff. Bericht im Auftrag des LGRB Kleinmachnow.
- ROSCHÉ, O. & ALTERMANN, M. (2003): Flugsand-/ Lösssanduntersuchungen im Raum Fläming - forstlich genutzte Gebiete, Mitteldeutsches Institut für angewandte Standortkunde und Bodenschutz, Halle/Saale, unveröff. Bericht im Auftrag des LGRB Kleinmachnow.
- ROSSITER, D.G. (1998): Methodology for soil resource inventories, International Institute for Aerospace Survey & Earth Sciences,
- SACHS, L. (1997): Angewandte Statistik: Anwendung statistischer Methoden. Springer-Verlag, Berlin, 877 pp.
- SAUER, S. (2001): Enttäuschungen bei der bodenkundlichen Interpretation von Grablochbeschreibungen der Bodenschätzung in Mittelgebirgslandschaften. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., Bd. 96(H. 2): 553-554.
- SBRESNY, J. (1997): Fehlerquellen in raumbezogenen Informationssystemen. Geol. Jb., Reihe F, 33. Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Hannover, 132 pp.
- SCHÄFER, W. (1996): Changes in physical properties of organic soils included by land use. Proc. 10th Internat. Peat Congr., 4: 77-84.
- SCHATZ, T. (2000): Untersuchungen zur holozänen Landschaftsentwicklung Nordostdeutschland. ZALF-BERICHTE. Zentrum f. Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e.V., Münchenberg, 201 pp.
- SCHATZ, T. & SCHMIDT, R. (2003): Archivböden - Exemplarische Inventarisierung und Bewertung im Land Brandenburg. Bodenschutz, 03(H.3): 74-80.
- SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. (2002): Lehrbuch der Bodenkunde, 14. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 593 pp.

- SCHINDLER, U., BEHRENS, J. & MÜLLER, L. (2003): Change of soil hydrological properties of fens a result of soil development. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 166: 357-363.
- SCHLITTGEN, R. & STREITBERG, B. (1995): *Zeitreihenanalyse*. Oldenbourg-Verlag, München, 502 pp.
- SCHMANKE, M. & FRIEDRICH, K. (2002): Das Bodenformenarchiv als zentrale Datenbankanwendung des Erfassungsstandards Boden/Bodenschutz in Hessen. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, 98: 15-16.
- SCHMIDT, F., BÖHM, A., HAMMERL, J., HOFMAN, B., HOLZNER, G., JOCHUM, R., KELLER, X., MAHLER, C., MARTIN, W., PETSCHL, A., PRINZ, R., SCHILLING, B., SPIES, E.-D., STIMMELMEIER, G. & WITTMANN, O. (1992): *Die Böden Bayerns - Datenhandbuch für die Böden des Tertiärhügellandes, der Iller-Lech-Platte und des Donautales*. Bayerisches Geologisches Landesamt, München, 527 pp.
- SCHMIDT, R. (1978): Geographische Aspekte der mittelmaßstäbigen landwirtschaftlichen Standortkartierung, *Hall. Jb. f. Geowissenschaften*. VEB H. Haack, Gotha/Leipzig, pp. 15-32.
- SCHMIDT, R. (1985): Zur Arealvariabilität von Bodenparametern und Böden im pleistozänen Tiefland der DDR. *Arch. Acker-, Pflanzenbau u. Bodenk.*, 29(Heft 11): 661-669.
- SCHMIDT, R. (1986): Bodengeographische Grundlagen der Bodenprozessforschung in heterogenen Einheiten der Bodendecke. *Tag.-Ber. Akad. Landwirtschaftswiss. DDR*, 245: 23-30.
- SCHMIDT, R. (1997): Grundsätze der Bodenvergesellschaftung. In: H.-P. Blume, P. Felix-Henningsen, W.R. Fischer, H.G. Frede, R. Horn & K. Stahr (Editors), *Handbuch der Bodenkunde*. Ecomed, Landsberg/Lech.
- SCHMIDT, R. (2002): Belegung der Flächenbodenformen der Uckermark BÜK 200/300 mit Horizontabfolgen, -mächtigkeiten und Parametern, Fachhochschule Eberswalde, FB Landschaftsnutzung und Naturschutz, Eberswalde,
- SCHMIDT, R. & DIEMANN, R. (1974): Richtlinie für die mittelmaßstäbige landwirtschaftliche Standortkartierung, *Akad. d. Landwirtschaftswiss. DDR, Inst. f. Bodenkunde*, Eberswalde,
- SCHMIDT, R. & DIEMANN, R. (1981): Erläuterung zur Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung. Forschungszentrum f. Bodenfruchtbarkeit Müncheberg der Akad. d. Landwirtschaftswissenschaften d. DDR, Bereich Bodenkunde/Fernerkundung Eberswalde, Eberswalde, 78 pp.
- SCHMIDT, R. & HAASE, G. (1980): Die Heterogenität der Bodendecke und ihr Einfluß auf Bodenfruchtbarkeit, Melioration und Landeskultur. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 124: 11-18.
- SCHMIDT, R. & JAHN, R. (2004): Statuspapier zum Bearbeitungsstand der Bodengesellschaftssystematik. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, Bd.104: 1-14.
- SCHRÖDER, D., SCHNEIDER, R. & KÜHN, P. (1997): Entwicklung und Eigenschaften von Böden aus Decksand über Geschiebemergel in NE-Mecklenburg. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, 85(III): 1243-1246.
- SCHRÖDER, H., KNAUF, C., KAINZ, W. & SPIEB, H. (1995): Übersichtskarte der Böden von Sachsen-Anhalt 1:400 000. Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt, Halle.
- SCHULZE, G. & KOPP, D. (1996): Anleitung für die forstliche Standortserkundung im nordostdeutschen Tiefland (Standortserkundungsanleitung) SEA 95, Schwerin/Eberswalde,
- SCHULZE, G. & KOPP, D. (1998): Anleitung für die forstliche Standortserkundung im nordostdeutschen Tiefland, Teil D, Bodenformen-Katalog.

- SCHWANECKE, W. (1966): Für die Bodensystematik wichtige Ergebnisse der forstlichen Standortskartierung im Hügelland und Mittelgebirge der Deutschen Demokratischen Republik. Sitz.-ber. Akad. d. Landwirtschaftswiss. DDR, Band XV(Heft 18): 79-95.
- SCHWARZ, R. (2001): Die Böden der Elbaue bei Lenzen und ihre möglichen Veränderungen nach Rückdeichung. Hamburger Bodenkundliche Arbeiten, Band 48. Institut f. Bodenkunde, Hamburg, 391 pp.
- SCHWÄRZEL, K., RENGGER, M., SAUERBREY, R. & WESSOLEK, G. (2002): Soil physical characteristics of peat soils. J. Plant Nutr. Soil Sci., 165: 479-486.
- SENAT-BERLIN (2004): <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/>.
- SIMONSON, R.W. & GARDNER, D.R. (1960): Concepts and Functions of the Pedon, 7th Int. Congress of Soil Science, Madison, Wisc., pp. 127-131.
- SOLGER, F. (1960): Rote Sande im Dahme-Spree-Gebiet und von Vergleichspunkten. Märkische Heimat, 4(1): 20-27.
- STATISTISCHES-BUNDESAMT (1997): Daten zur Bodenbedeckung für die Bundesrepublik Deutschland, Wiesbaden.
- STATISTISCHES-BUNDESAMT (2004): Auswertungen von CORINE LAND COVER, http://www.destatis.de/stabis/oc_1110/f20/d/q_tabo.htm#Tab1, http://www.destatis.de/stabis/oc_1110/f20/d/q_tabw.htm#Tab5.
- STREMME, H. (1932): Die Bodenkartierung. In: E. Blank (Editor), Handbuch der Bodenlehre - Die technische Ausnutzung des Bodens, seine Bonitierung und Kartographische Darstellung. Julius Springer, Berlin, pp. 259-305.
- SUCCOW, M. (1988): Landschaftsökologische Moorkunde, 1. Auflage. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- SZIBALSKI, M. (2000). Großmaßstäbige Regionalisierung labiler Bodenkennwerte in standörtlich hochdiversen Kulturlandschaften, Justus-Liebig-Universität, Gießen, 141 pp.
- TGL24300 (1987): Fachbereichsstandard-Standortaufnahme von Böden, Akad. d. Landwirtschaftswiss. d. DDR, Berlin,
- TGL25418/04 (1975): Chemische Bodenuntersuchung - Bestimmung des Gehaltes an organischer Substanz, Akad. d. Landwirtschaftswiss. d. DDR, Berlin,
- TGL25418/05 (1977): Chemische Bodenuntersuchung - Bestimmung des Kalziumkarbonatgehaltes, Akad. d. Landwirtschaftswiss. d. DDR, Berlin,
- TGL25418/06 (1975): Chemische Bodenuntersuchungen - Bestimmung des pH-Wertes, Akad. d. Landwirtschaftswiss. d. DDR, Berlin,
- TGL25418/19 (1974): Chemische Bodenuntersuchung - Bestimmung der Austauschkapazität, Akad. d. Landwirtschaftswiss. d. DDR, Berlin,
- TGL31222/01 (1985): Physikalische Bodenuntersuchungen - Termini und Definitionen, Formelzeichen, Einheiten, Physikalische Bodenuntersuchung - Bestimmung der Dichte und Porenanteil, Berlin,
- TGL31222/02 (1985): Physikalische Bodenuntersuchung - Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung nach KÖHN, Akad. d. Landwirtschaftswiss. d. DDR, Berlin,
- TGL31222/05 (1977): Physikalische Bodenuntersuchung - Tensiometerdruck und Saugspannung des Bodenwassers, Akad. d. Landwirtschaftswiss. d. DDR, Berlin,

- THIERE, J. (1970): Vergleichende Untersuchungen an Wald- und Ackerböden des Jungmoränengebietes der DDR. *Thaer-Arch.*, Bd.14, H. 3: 211-232.
- THIERE, J., ALTERMANN, M., SCHINDLER, U. & STEININGER, M. (1999): Nutzung von Flächentypen zur Transformation von Bodenparametern. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, Band 91(Heft II): 1128-1131.
- THIERE, J. & SCHMIDT, R. (1979): Kriterien von Flächentypen bei der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung. *Arch. Acker-, Pflanzenbau u. Bodenk.*, 23(9): 529-537.
- ULRICH, B. (1981): Ökologische Gruppierung von Böden nach ihrem chemischen Bodenzustand. *Z. Pflanzenern. Bodenk.*, 144: 289-305.
- USDA (1999): *Soil Taxonomy - A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys, Second Edition.* United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington.
- UTERMANN, J., DÜWEL, O., FUCHS, M., GÄBLER, E., GEHRT, E., HINDEL, R. & SCHNEIDER, J. (1999): Methodische Anforderungen an die Flächenrepräsentanz von Hintergrundwerten in Oberböden, Bundesanstalt f. Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover,
- UTERMANN, J., (KOORDINATOR), GORNY, A., HAUENSTEIN, M., MALESSA, V., MÜLLER, U. & SCHEFFER, B. (2000): *Labormethoden - Dokumentation.* Geol. Jb., Reihe G. Heft 8, Hannover.
- VDLUFA (1997): *Methodenbuch -Die Untersuchung von Böden, Band I, 4. Auflage.* Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- VETTERLEIN, E. (1986): Bodenphysikalische Parameter auf der Grundlage von Substrat-Horizont-Gruppen. *Tag.-Ber. Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR*, 245: 241-247.
- VETTERLEIN, E. (1989): Bodenphysikalische Kennwerte für Substrat-Horizont-Gruppen. In: V. Koepke (Editor), *Bodenwasserregulierung - Anleitung zur Standortkennzeichnung und Anlagendiagnose.* Akad. d. Landwirtsch.wiss. d. DDR, Forschungszentrum f. Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Müncheberg, pp. 139.
- VINK, A.P.A. (1975): *Land use in advancing in agriculture.* Springer Verlag, New York, 394 pp.
- VOGEL, J. (1999): Aggregierung der Kipp-Substratkarten im Maßstab 1:200.000 / 1:300.000, Geologische Forschung und Erkundung Halle GmbH, Filiale Berlin Brandenburg, Berlin, unveröff. Bericht i.A. d. LA f. Geowiss. u. Rohstoffe Brandenburg.
- VOGEL, J. (2002): Datenrecherche zu repräsentativen Kipp - Profilen für die aggregierten Kipp - Bodenformen zur BÜK 200 für das Blatt CC4750, Cottbus, Consulting und Engineering GmbH, NL Berlin/Brandenburg, Berlin, unveröff. Bericht im Auftrag des LGRB Kleinmachnow.
- VORDERBRÜGGE, T. (1997): Vergleich von bodenphysikalischen Kennwerten der Bodenkundlichen Kartieranleitung mit gemessenen Werten. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, 85(III): 1267-1274.
- VORDERBRÜGGE, T. (2002): Erfassungsstandard - Grundlage für den vorsorgenden Bodenschutz. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, 98: 17-18.
- VÖTT, A. (2000): Ökosystemveränderungen im Unterspreewald durch Bergbau und Meliorationsmaßnahmen - Ergebnisse einer angewandten ökosystemaren Umweltbeobachtung. *Marburger Geographische Schriften, Heft 136*, Marburg, 288 pp.

- WAGENET, R.J., BOUMA, J. & GROSSMAN, R.B. (1991): Minimum data sets for use of soil survey information in soil interpretive models. In: M.J. Mausbach & L.P. Wilding (Editors), *Spatial variability of soils and landforms*. SSSA Special Publication No. 28, Madison/Wisconsin, pp. 161-182.
- WALLBAUM, E. (1991): Ableitung von Informationen zur Bodenkartierung aus Ergebnissen der Reichsbodenschätzung. Inst. f. Bodenfruchtbarkeit und Landeskultur. Humboldt Universität Berlin, Berlin, 118 pp.
- WEBSTER, R. (2000): Is soil variation random ? *Geoderma*, 97: 149-163.
- WESSOLEK, G. & FACKLAM, M. (1997): Standorteigenschaften und Wasserhaushalt von versiegelten Flächen. *Z. Pflanzenern. Bodenk.*, 160: 41-46.
- WILDING, L.P. & DREES, L.R. (1983): Spatial variability and pedology. In: L.P. Wilding, N.E. Smeck & G.F. Hall (Editors), *Pedogenesis and soil taxonomy*. Elsevier, Amsterdam, pp. 83-113.
- WÜNSCHE, M., WEISE, A., DIETEL, M., PÄLCHEN, W. & HUNGER, W. (1993): Übersichtskarte der Böden des Freistaates Sachsen 1:400 000. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Freiberg.
- ZEITZ, J. (1992): Bodenphysikalische Eigenschaften von Substrat-Horizont-Gruppen in landwirtschaftlich genutzten Niedermooren. *Z. Kulturtechn. Landesentwickl.*, 32: 301-307.
- ZEITZ, J. (2001): Physikalisch-hydrologische Kennzeichnung. In: M. Succow & H. Joosten (Editors), *Landschaftsökologische Moorkunde*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, pp. 622.
- ZEITZ, J. & KÜHN, D. (2000): Erarbeitung einer Methode zur Verwendung von Altdaten der Moore für die Kennzeichnung von Flächenbodenformen. *Arch. Acker-, Pflanzenbau u. Bodenk.*, 45: 223-238.

Anlagen

Lebenslauf

Name: Albrecht Jörg Bauriegel
Geburtstag: 21. Februar 1967
Geburtsort: Neustadt a.d. Orla
Familienstand: verheiratet, drei Kinder

Schulbildung:

10 Jahre Allgemeinbildende Oberschule in Jena

1983-1985 Erweiterte Oberschule – Abitur in Jena

Wehrdienst: 1985-1988

Studium:

1988-1991 Grundstudium Pflanzenproduktion/ Pflanzenschutz an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
1991-1993 Fachstudium in der Studienrichtung Bodenschutz und Landschaftsgestaltung
1992/1993 6 monatige Tätigkeit als Research Fellow am International Rice Research Institute (IRRI) in Los Banos (Philippinen), Mitarbeit in einem GTZ-Projekt
1994 Abschluß der Haupt- und Nebenfachprüfung
1993/1994 Diplomarbeit zum Thema: Zur Erstellung von Bodenkarten auf der unterschiedlichen bodensystematischen Basis Ost- und Westdeutschlands - Ergebnisse einer Vergleichskartierung im Raum Großes Bruch-Großer Fallstein (Ausschnitt Meßtischblatt Hessen 3930),

Berufstätigkeit:

06/1994-10/1994 wissenschaftlicher Angestellter im Ingenieurbüro GmbH JENA – GEOS
11/1994-04/2000 wissenschaftlicher Angestellter am Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg im Dezernat Bodengeologische Landesaufnahme
05/2000-06/2004 Geologierat am Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg im Dezernat Bodengeologische Landesaufnahme
seit 07/2004 Geologierat am Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg im Dezernat Bodengeologie

Promotion:

4/2001-7/2004 externer Doktorand an der Humboldt-Universität Berlin

Güterfelde, den 1. Juli 2000

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur angefertigt habe. Stellen der Arbeit, welche anderen Werken im Wortlaut oder dem Sinn nach entsprechen, wurden als solche kenntlich gemacht.

Weiterhin versichere ich, dass von mir an keiner anderen Stelle ein Promotionsverfahren beantragt wurde.

Güterfelde, den 1. Juli 2004

Die letzte Seite

Es ist gute Tradition, all jenen Dank zu sagen, die an dem Fortgang und dem Abschluss dieser Arbeit einen wesentlichen Anteil hatten.

Herauszuheben sind aus meiner Sicht zwei Frauen. Ein besonderer Dank gilt hierbei Frau Prof. Dr. Jutta Zeitz, die sich nicht nur bereitwillig auf die Betreuung eines Externen einließ, sondern ihre Rolle sehr ernst nahm und trotz einer Fülle anderer Verpflichtungen immer Zeit und Interesse fand, den Fortgang der Arbeit über wertvolle Diskussionen zu fördern.

Ein besonderer Dank gebührt meiner wunderbaren Frau Elke, die mir nicht nur den Rücken frei hielt, nicht nur unzählige Male unseren Söhnen erklärte, warum sie ihren Vater so selten zu Gesicht bekamen, sondern auch eine durch niemanden zu ersetzende Rolle in der Durchsicht der Arbeit einnahm.

Ein großer Dank gilt meinen Arbeitskollegen. Besonders Herrn Dr. Dieter Kühn, der mir den erforderlichen Freiraum ermöglichte. Herrn Joris Hering für die Unterstützung in der heißesten Phase. Ihnen gemeinsam und Herrn Jens Hannemann verdanke ich durch viele fruchtbare Diskussionen wertvolle Anregungen.

Danken möchte ich den Herren Prof. Rolf Schmidt und Dr. Dieter Kühn, die gern bereit waren, neben Frau Prof. Dr. Jutta Zeitz, die Begutachtung meiner Arbeit zu übernehmen.

Ich möchte mich bedanken bei Christoph Michel, den Drs. Anja und Matthis Kayser und Prof. Dr. M. Altermann für die kritische Durchsicht der Arbeit. Insbesondere Christoph Michel half mir mit seiner überaus großen Gewissenhaftigkeit, sowohl inhaltliche als auch andere Fehlerteufelchen zu finden.

Für die wichtige Hilfe bei statistischen Fragen möchte ich mich bei Herrn Dr. Michael Fuchs und Herrn Dr. Heinz Burger bedanken.

Ein Dank gilt nicht zuletzt Frau Kirsten Berger für die Unterstützung bei der Abfassung der Summery.

Anhang

Tabelle 23: Aufstellung der auf die Substratgeneseflächentypen bezogenen Kennwerte als Absolut- und Relativwerte

SGFT	SGFT 1	SGFT 2	SGFT 3	SGFT 4	SGFT 5	SGFT 6
F_t [SGFT]	1145	3361	928	6622	1504	735
F_% [SGFT]	8,0	23,5	6,5	46,3	10,5	5,1
D_t [SGFT]	15391 ha	68435 ha	17777 ha	166651 ha	25120 ha	12127 ha
D_% [SGFT]	5,0	22,4	5,8	54,5	8,2	4,0
X_{GLE} [SGFT]	138	553	179	1117	250	330
X_{GLE%} [SGFT]	5,4	21,5	7,0	43,5	9,7	12,9

Tabelle 24: Mediane und arithmetische Mittelwerte der Flächengrößen der Substratgeneseflächentypen und deren relative bzw. absolute Abweichung vom Median der Flächengröße für den Gesamtdatenbestand

Substratgeneseflächentyp	Median _{SGFT} Flächengröße (ha)	relative Abweichung (%) vom Median _{GD} (95 ha)	absolute Abweichung vom Median _{GD} (95 ha)	arithmetischer Mittelwert Flächengröße (ha)
SGFT 1	52,7	-44,5	-42,3	134
SGFT 2	99,9	5,2	4,9	204
SGFT 3	83,4	-12,2	-11,6	192
SGFT 4	107,4	13,1	12,4	192
SGFT 5	82,2	-13,5	-12,8	197
SGFT 6	86,8	-8,6	-8,2	168

Tabelle 25: absolute Anzahl und relative Häufigkeit der Kategorien modifizierter Substratflächen- und Pedogeneseflächentyp bezogen auf die Substratgeneseflächentypen

Substratgeneseflächentypen	SGFT 1	SGFT 2	SGFT 3	SGFT 4	SGFT 5	SGFT 6
<i>X_{SFT}</i> [SGFT]	12	23	25	41	29	51
<i>X_{PFT}</i> [SGFT]	83	242	64	353	64	158
<i>X_{SFT%}</i> [SGFT]	6,63	12,71	13,81	22,65	16,02	28,18
<i>X_{PFT%}</i> [SGFT]	8,61	25,10	6,64	36,62	6,64	16,39

Tabelle 26: Quotienten SFT / PFT für den Gesamtdatenbestand zwischen den Substratgeneseflächentypen

Substratgeneseflächentyp	SGFT 1	SGFT 2	SGFT 3	SGFT 4	SGFT 5	SGFT 6
<i>Q_{SG}</i>	-0,85	-0,90	-0,61	-0,89	-0,55	-0,68
<i>Q_{ZD}</i>	-0,44	-0,37	0,25	-0,27	1,80	0,39

Tabelle 27: Maßzahlen zur Ableitung von Strukturtypen und Heterogenitätsindex der Blattlegeneinheiten

LEGNR	D% [BLE]	F% [BLE]	X _{GLE} % [BLE]	FG% [BLE]	Heterogenität
1	1,00	1,48	0,50	1,00	0,34
2	1,16	1,94	0,77	1,29	0,40
3	0,43	1,00	0,66	0,70	0,66
4	1,07	2,49	1,12	1,56	0,45
5	0,10	0,21	0,50	0,27	2,39
6	0,10	0,20	0,46	0,26	2,28
7	0,04	0,11	0,46	0,21	4,13
8	0,50	0,24	0,31	0,35	1,26
9	0,63	0,32	0,58	0,51	1,80
10	1,09	0,80	0,42	0,77	0,53
11	0,75	0,62	0,50	0,62	0,81
12	0,27	0,24	0,62	0,38	2,52
13	2,44	1,07	0,96	1,49	0,90
14	3,40	2,88	1,70	2,66	0,59
15	1,31	0,81	0,69	0,94	0,86
16	2,13	2,28	0,77	1,73	0,34
17	0,58	0,78	1,77	1,04	2,28
18	0,41	0,57	0,73	0,57	1,28
19	0,82	1,11	2,85	1,59	2,58
20	0,73	0,66	1,39	0,93	2,11
21	1,36	1,74	0,73	1,28	0,42
22	0,16	0,41	1,39	0,65	3,36
23	0,50	0,45	0,31	0,42	0,69
24	0,56	0,70	1,27	0,85	1,82
25	0,37	0,69	0,23	0,43	0,33
26	1,85	2,18	0,81	1,61	0,37
27	2,38	3,64	1,54	2,52	0,42
28	0,65	0,81	1,39	0,95	1,71
29	0,39	0,76	0,50	0,55	0,66
30	0,24	0,30	0,93	0,49	3,08
31	0,23	0,32	0,50	0,35	1,56
32	0,53	0,88	1,04	0,82	1,18
33	1,23	1,29	1,39	1,30	1,07
34	0,35	0,43	0,77	0,52	1,81
35	1,23	1,81	1,35	1,46	0,74
36	0,41	0,45	0,54	0,47	1,19
37	1,84	1,30	1,31	1,48	1,01
38	0,93	1,07	1,08	1,03	1,01
39	2,79	0,64	0,50	1,31	0,79
40	0,44	0,65	0,66	0,58	1,01
41	0,23	0,36	1,50	0,70	4,21
42	6,15	3,80	1,08	3,68	0,28
43	7,29	3,48	0,89	3,89	0,25
44	0,41	0,45	1,23	0,70	2,76
45	0,73	0,88	0,66	0,76	0,74
46	0,13	0,24	0,35	0,24	1,46
47	0,16	0,44	0,66	0,42	1,49
48	0,59	0,84	1,35	0,93	1,61
49	0,71	0,81	0,62	0,71	0,76
50	0,50	0,80	0,23	0,51	0,29
51	1,19	1,13	0,69	1,00	0,61
52	1,24	1,14	0,54	0,97	0,47
53	1,38	1,28	1,27	1,31	0,99
54	5,34	5,14	2,04	4,17	0,40

Anlagen

LEGNR	D%[BLE]	F% [BLE]	X _{GLE} %[BLE]	FG%[BLE]	Heterogenität
55	2,87	2,07	3,62	2,85	1,75
56	1,08	0,64	0,35	0,69	0,54
57	0,99	1,34	2,31	1,55	1,72
58	0,51	0,66	0,73	0,64	1,10
59	2,80	3,37	1,54	2,57	0,46
60	4,53	3,09	2,66	3,42	0,86
61	6,74	5,93	3,43	5,37	0,58
62	0,38	0,27	0,42	0,36	1,60
63	0,15	0,17	0,62	0,31	3,53
64	0,33	0,20	0,62	0,38	3,15
65	0,46	0,62	1,89	0,99	3,07
66	0,16	0,18	0,73	0,36	4,03
67	0,32	0,37	1,08	0,59	2,91
68	1,38	2,33	2,93	2,21	1,26
69	0,27	0,47	1,50	0,75	3,21
70	0,98	1,09	2,74	1,60	2,51
71	0,39	0,40	1,27	0,69	3,19
72	1,85	2,90	0,93	1,89	0,32
73	0,46	0,57	1,23	0,75	2,18
74	0,17	0,19	0,39	0,25	2,04
75	0,11	0,22	0,54	0,29	2,49
76	0,15	0,12	0,42	0,23	3,57
77	1,55	2,03	1,12	1,56	0,55
78	0,54	0,64	1,70	0,96	2,64
79	0,15	0,15	0,31	0,20	2,10
80	3,11	3,42	1,93	2,82	0,56
81	0,06	0,13	0,54	0,24	4,06
82	0,08	0,17	0,58	0,27	3,44
83	0,60	0,83	1,46	0,97	1,76
84	0,49	0,37	0,42	0,43	1,14
85	0,69	0,43	0,42	0,51	0,99
86	0,07	0,10	0,35	0,17	3,54
87	0,05	0,10	0,35	0,17	3,31
88	0,24	0,40	1,08	0,57	2,71
89	0,13	0,24	1,04	0,47	4,38
90	0,14	0,22	0,73	0,36	3,38
91	0,45	0,72	2,00	1,06	2,78
92	0,24	0,29	0,77	0,44	2,62
93	0,29	0,41	1,39	0,70	3,42
94	0,17	0,21	0,66	0,34	3,12
95	0,28	0,45	1,23	0,65	2,76
96	0,05	0,10	0,19	0,11	1,84
97	0,04	0,14	0,35	0,17	2,48
98	0,03	0,05	0,15	0,08	3,15
99	0,02	0,08	0,15	0,09	1,84

Tabelle 28: Ableitung der Verbreitungsgrade der Flächenbodenformen (legendenunabhängig)

Verbreitungsgrade		FG [FBF]		D [FBF]		F [FBF]	
Kurzz.	verbal	Spannen (%)	Anzahl	Anzahl	Median (ha)	Anzahl	Median
V1	sehr gering	0 - 0,01	12	26	108	9	1
V2	gering	0,01 - 0,1	138	135	950	134	6
V3	mittel	0,1 - 1,0	120	108	7033	127	32
V4	hoch	> 1,0	22	23	55960	22	274

Tabelle 29: Verbreitungsgrade der Flächenbodenformen (legendenunabhängig)

FBF	D _{tn} [FBF]	D _% [FBF]	F _{tn} [FBF]	F _% [FBF]	FG _% [FBF]	V [FBF]
pBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	302575	9,91	941	6,59	8,25	4
BBn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	167932	5,50	729	5,10	5,30	4
HNv:og-Hn/f-s(Sf)	132071	4,32	888	6,21	5,27	4
GGh:f-s(Sf)	118836	3,89	757	5,30	4,59	4
PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	124433	4,07	311	2,18	3,12	4
LF-BB:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	89479	2,93	370	2,59	2,76	4
LFn:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	88073	2,88	362	2,53	2,71	4
IBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	71008	2,32	319	2,23	2,28	4
BBn:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	62224	2,04	268	1,88	1,96	4
BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sf)	53038	1,74	280	1,96	1,85	4
LF-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	56842	1,86	247	1,73	1,79	4
pGG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)	58602	1,92	231	1,61	1,77	4
GGn:f-s(Sf)	44411	1,45	291	2,03	1,74	4
IBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	55080	1,80	226	1,58	1,69	4
GMn:f-s(Sf)	40465	1,32	284	1,98	1,65	4
HNv:og-Hn	46761	1,53	247	1,73	1,63	4
pgBB:p-s(Sp)/f-s(Sf)	42686	1,40	236	1,65	1,52	4
gpBB:p-s(Sp)/f-s(Sf)	48659	1,59	192	1,35	1,47	4
HNv:og-Hn/f-s	39059	1,28	200	1,40	1,34	4
pRQ:a-s	27970	0,92	224	1,57	1,24	4
PP-BB:a-s	23707	0,78	231	1,62	1,20	4
AB-GG-SS:fo-t(Lf)//fo-ls(Sf)	42806	1,40	141	0,99	1,20	4
PP-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	44650	1,46	58	0,41	0,93	3
gBB:p-s(Sp)/f-s(Sf)	30049	0,98	113	0,79	0,89	3
IBB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	23718	0,78	133	0,93	0,85	3
BBn:p-s(Sp)/p-l(Mg)	23718	0,78	133	0,93	0,85	3
YV:n-Yn/oj-s	20802	0,68	146	1,02	0,85	3
AB-GG:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)	20263	0,66	137	0,96	0,81	3
pIBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	39946	1,31	43	0,30	0,80	3
LLn:p-s(Sp)/p-l(Mg)	28099	0,92	89	0,63	0,77	3
LL-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	28099	0,92	89	0,63	0,77	3
LFn:p-s(Sp)/p-l(Mg)	28099	0,92	89	0,63	0,77	3
sAB-GG:fo-u(Lf)/fo-s(Sf)	19454	0,64	130	0,91	0,77	3
AB-GG:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)	18217	0,60	103	0,72	0,66	3
PP-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)	27034	0,89	55	0,39	0,64	3
pBB:p-s(Sp)/f-s(Sf)	27034	0,89	55	0,39	0,64	3
LF-SS:p-ls(Sp)/g-el(Mg)	14309	0,47	113	0,79	0,63	3
SS-LF:p-s(Sp)/p-l(Lg)	14309	0,47	113	0,79	0,63	3
LF-BB:p-ls(Sp)/g-el(Mg)	19645	0,64	87	0,61	0,63	3
LF-BB:p-ls(Sp)/p-ls(Lg)	19645	0,64	87	0,61	0,63	3
GG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)	17628	0,58	88	0,62	0,60	3
PPn:a-s	13479	0,44	106	0,74	0,59	3
BB-PP:a-s	13479	0,44	106	0,74	0,59	3
BB-LF:p-s(Sp)/p-l(Mg)	15812	0,52	89	0,62	0,57	3
BBn:p-s(Sp)//p-l(Mg)	18733	0,61	60	0,42	0,52	3
gBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	14024	0,46	81	0,56	0,51	3

Anlagen

FBF	D _{tn} [FBF]	D _% [FBF]	F _{tn} [FBF]	F _% [FBF]	FG _% [FBF]	V [FBF]
pBB-RQ:a-s	12474	0,41	86	0,60	0,50	3
GG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	12866	0,42	75	0,52	0,47	3
BB-GG:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	12188	0,40	77	0,54	0,47	3
GHn:og-Hn\f-s(Sf)	11025	0,36	78	0,55	0,45	3
aGG:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)	13484	0,44	66	0,46	0,45	3
LL-BB:p-s(Sp)/g-els(Mg)	12202	0,40	63	0,44	0,42	3
SSn:p-ls(Sp)/g-el(Mg)	9539	0,31	75	0,52	0,42	3
AB-GG:fo-s(Sf)	10991	0,36	57	0,40	0,38	3
gBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	9585	0,31	61	0,43	0,37	3
BB-PP:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	15086	0,49	34	0,24	0,36	3
PP-BB:p-(k)s(Sp)/f-s(Sgf)	15086	0,49	34	0,24	0,36	3
pBB:p-(k)s(Sp)/f-s(Sgf)	15086	0,49	34	0,24	0,36	3
YV:n-Yb/oj-s	8784	0,29	61	0,43	0,36	3
sBB-LF:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	11009	0,36	45	0,32	0,34	3
HNn:og-Hn	9647	0,32	50	0,35	0,33	3
IBB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	8852	0,29	47	0,33	0,31	3
BBn:p-s(Sp)/pas-s(Sgf)	8852	0,29	47	0,33	0,31	3
BB-GG:p-ls(Sp)/f-s(Sf)	7914	0,26	50	0,35	0,30	3
GG-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sf)	10821	0,35	31	0,22	0,29	3
gBB:p-ls(Sp)/f-s(Sf)	10821	0,35	31	0,22	0,29	3
GG-BB:p-s(Sp)/pas-s(Sgf)	8841	0,29	39	0,28	0,28	3
GG-BB:p-ls(Sp)/pas-ls(Sgf)	8841	0,29	39	0,28	0,28	3
GGn:f-s(Sf)/p-l(Lg)	7266	0,24	46	0,32	0,28	3
GGn:f-ls(Sf)/p-l(Lg)	7266	0,24	46	0,32	0,28	3
GGc:f-es/f-Fmk/(Sf)	7514	0,25	43	0,30	0,27	3
GGhc:f-es/f-Fmk/(Sf)	7514	0,25	43	0,30	0,27	3
pBB-RQ:a-s//f-s(Sgf)	4899	0,16	53	0,37	0,26	3
rGG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sf)	8913	0,29	31	0,22	0,26	3
HNv:og-Hn/p-l(Lg)	6933	0,23	39	0,28	0,25	3
LF-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	8895	0,29	30	0,21	0,25	3
BB-LF:p-s(Sp)/p-ls(Lg)	8895	0,29	30	0,21	0,25	3
GGn:p-s(Sp)/f-s(Sf)	8031	0,26	34	0,24	0,25	3
IBB:p-ls(Sp)/g-el(Mg)	7811	0,26	34	0,24	0,25	3
IBB:p-ls(Sp)/p-ls(Lg)	7811	0,26	34	0,24	0,25	3
HNv:og-Hn/f-Fm/(Mg)	6710	0,22	37	0,26	0,24	3
BB-LF:p-sö(Los)/p-ls(Lg)	9532	0,31	23	0,16	0,23	3
GGn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	3808	0,12	48	0,34	0,23	3
GG-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	5881	0,19	37	0,26	0,23	3
GGn:p-ls(Sp)/f-s(Sf)	5812	0,19	37	0,26	0,22	3
GGhc:f-es/f-s(Sf)	6875	0,23	29	0,20	0,21	3
GGc:f-es/f-s(Sf)	6875	0,23	29	0,20	0,21	3
LFn:p-sö(Los)/p-ls(Lg)	8426	0,28	20	0,14	0,21	3
GGn:f-s(Sfd)	6615	0,22	28	0,20	0,21	3
GG-AB:fo-ls(Sf)/fo-s(Sf)	4733	0,15	36	0,26	0,21	3
PP/BB:a-s//f-s(Sf)	3680	0,12	40	0,28	0,20	3
sAB-GG:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)	7134	0,23	24	0,16	0,20	3
AB-GG-SS:fo-t(Lf)/fo-ls(Sf)	7134	0,23	24	0,16	0,20	3
GG-AB:fo-s(Sf)	4566	0,15	34	0,24	0,19	3
HNv:og-Hn//f-s(Sf)	5000	0,16	31	0,22	0,19	3
BB-GG:p-ls(Sp)/pas-ls(Sgf)	5894	0,19	26	0,18	0,19	3
BB-GG:p-s(Sp)/pas-s(Sgf)	5894	0,19	26	0,18	0,19	3
BB-GG:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	5894	0,19	26	0,18	0,19	3
RQn:oj-(k)s	4690	0,15	30	0,21	0,18	3
RQn:oj-s	4690	0,15	30	0,21	0,18	3
OLn:oj-(k)s	4690	0,15	30	0,21	0,18	3

Anlagen

FBF	D _{tn} [FBF]	D _% [FBF]	F _{tn} [FBF]	F _% [FBF]	FG _% [FBF]	V [FBF]
YK/LL:u-ls(Sp)//g-el(Mg)	4361	0,14	27	0,19	0,17	3
BB-LF:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	4361	0,14	27	0,19	0,17	3
BB-LL:p-ls(Sp)/g-el(Mg)	4361	0,14	27	0,19	0,17	3
GGn:p-s(Sp)/g-ls(Lg)	5354	0,18	22	0,16	0,17	3
BB-LF:p-sô(Los)/f-s(Sgf)	6637	0,22	15	0,11	0,16	3
LFn:p-sô(Los)/f-s(Sgf)	6637	0,22	15	0,11	0,16	3
LF-GG:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	4685	0,15	22	0,16	0,15	3
GG-LF:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	4685	0,15	22	0,16	0,15	3
pBB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	3576	0,12	27	0,19	0,15	3
BBn:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	3576	0,12	27	0,19	0,15	3
PP-BB:p-s(Sp)/pas-s(Sgf)	3576	0,12	27	0,19	0,15	3
BB-GG:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	3033	0,10	26	0,18	0,14	3
gAB:fo-s(Sf)	3155	0,10	24	0,17	0,14	3
rGG:f-s(Sf)	3662	0,12	22	0,15	0,14	3
IBB:p-ls(Sp)/p-ls	6658	0,22	7	0,05	0,13	3
OLn:oj-(l)s	5032	0,16	15	0,10	0,13	3
RQn:oj-ls/oj-(l)s	5032	0,16	15	0,10	0,13	3
RQn:oj-ls/oj-[(k)l]s	5032	0,16	15	0,10	0,13	3
OLn:oj-[(k)l]s	5032	0,16	15	0,10	0,13	3
AB-SS-GG:fo-t(Lf)/fo-ls(Sf)	3786	0,12	20	0,14	0,13	3
AB-SS-GG:fo-t(Lf)/fo-s(Sf)	3786	0,12	20	0,14	0,13	3
pBB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	4704	0,15	15	0,11	0,13	3
RQn:oj-(x)s	4390	0,14	16	0,11	0,13	3
OLn:oj-(x)s	4317	0,14	15	0,11	0,12	3
RZn:oj-(n)els(Sf,Sp,Yb)/p-l(Mg)	2929	0,10	21	0,15	0,12	3
IBB:p-s(Sp)/p-l(Lg)	3836	0,13	17	0,12	0,12	3
LF-BB:p-s(Sp)/p-l(Lg)	3836	0,13	17	0,12	0,12	3
aGM:fo-s(Sf)	3002	0,10	19	0,13	0,12	3
sAB-GG:fo-t(Lf)\fo-s(Sf)	2822	0,09	19	0,14	0,11	3
OLn:oj-(n)es(Sp;Yb)//f-s(Sf)	2578	0,08	20	0,14	0,11	3
RZn:oj-(n)es(Sp;Yb)//f-s(Sf)	2578	0,08	20	0,14	0,11	3
PPn:a-s//f-s(Sgf)	3216	0,11	17	0,12	0,11	3
pRQ:a-s//f-s(Sgf)	3216	0,11	17	0,12	0,11	3
BB-GG:p-ls(Sp)/f-t(b)	2934	0,10	17	0,12	0,11	3
pgRQ:a-s	2066	0,07	20	0,14	0,10	3
GGh:p-ls(Sp)/p-l(Lg)	2569	0,08	18	0,12	0,10	3
IBB:p-ls(Sp)/pas-ls(Mg)	2384	0,08	18	0,12	0,10	3
BBn:p-ls(Sp)/pas-ls(Mg)	2384	0,08	18	0,12	0,10	3
BBn:p-s(Sp)/p-ls(Lg)	2856	0,09	15	0,11	0,10	3
sBB:p-ls(Sp)/p-ls(Lg)	2856	0,09	15	0,11	0,10	3
IBB:p-ls(Sp)/pas-ls(Sgf)	2949	0,10	14	0,10	0,10	2
aGGh:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)	2544	0,08	15	0,10	0,09	2
asGG:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)	2544	0,08	15	0,10	0,09	2
sAB-GG:fo-l(Lf)/fo-s(Sf)	2544	0,08	15	0,10	0,09	2
sAB-GG:fo-u(Lf)/fo-ls(Sf)	2524	0,08	13	0,09	0,09	2
RQn:oj-(x)ls	2951	0,10	11	0,08	0,09	2
LF-SS:p-l(Lp)/f-u(b)	1868	0,06	15	0,11	0,08	2
SS-LF:p-ls(Sp)/f-u(b)	1868	0,06	15	0,11	0,08	2
LF-SS:p-ls(Sp)/f-u(b)	1868	0,06	15	0,11	0,08	2
SSn:p-l(Lp)/f-t(b)	1868	0,06	15	0,11	0,08	2
OLn:oj-(x)ls	2878	0,09	10	0,07	0,08	2
aGGh:fo-s(Sf)	2001	0,07	13	0,09	0,08	2
GHn:og-Hn\l-f-ls(Sf)	2247	0,07	11	0,08	0,08	2
HNcv:og-eHn/f-s	2110	0,07	11	0,08	0,07	2
HNcv:og-eHn/f-es	2110	0,07	11	0,08	0,07	2

Anlagen

FBF	D _{tn} [FBF]	D _% [FBF]	F _{tn} [FBF]	F _% [FBF]	FG _% [FBF]	V [FBF]
gBB:p-ls(Sp)/f-t(b)	1956	0,06	12	0,08	0,07	2
lBB:p-ls(Sp)/f-s(Sf)	2705	0,09	8	0,05	0,07	2
PP-RQ:a-s	1359	0,04	14	0,10	0,07	2
HNv:og-Hn/p-s(Sp)	2034	0,07	11	0,07	0,07	2
GG-LF:p-s(Sp)/p-l(Mg)	2034	0,07	11	0,07	0,07	2
GG-LL:p-s(Sp)/p-l(Mg)	2034	0,07	11	0,07	0,07	2
gLF-BB:p-ls(Sp)/p-l(Lg)	1816	0,06	11	0,08	0,07	2
lGG-BB:p-s(Sp)/p-l(Lg)	1816	0,06	11	0,08	0,07	2
RZn:oj-(n)els(Sf,Sp,Yb)///g-el(Mg)	1876	0,06	11	0,07	0,07	2
OLn:oj-(n)els(Sf,Sp,Yb)///g-el(Mg)	1876	0,06	11	0,07	0,07	2
SS-LF:p-s(Sp)/g-els(Mg)	1904	0,06	10	0,07	0,07	2
SS-BB:p-ls(Sp)/p-ls(Lg)	1904	0,06	10	0,07	0,07	2
TT-LL:p-s(Sp)/p-l(Mg)	2447	0,08	7	0,05	0,06	2
LL-TT:p-ls(Sp)/g-el(Mg)	2447	0,08	7	0,05	0,06	2
LL-TT:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	2447	0,08	7	0,05	0,06	2
TT-LL:p-s(Sp)/g-el(Mg)	2447	0,08	7	0,05	0,06	2
RQn:oj-(n)s(Sp,Yb)/f-s(Sgf)	1380	0,05	12	0,08	0,06	2
YKn:oj-(n)s(Sp,Yb)/f-s(Sgf)	1380	0,05	12	0,08	0,06	2
RZn:oj-(n)es(Sf,Sp,Yb)///f-s(Sgf)	1468	0,05	11	0,08	0,06	2
YO:oj-(z)s(Sf,YB,Sp)///f-s(Sf)	1468	0,05	11	0,08	0,06	2
YKn:oj-(z)s(Sf,YB,Sp)///f-s(Sf)	1468	0,05	11	0,08	0,06	2
GG-YK/HN:u-ls(Sp)/og-Hn/(Sf)	1210	0,04	12	0,09	0,06	2
HNcv:og-eHn/f-Fmk/(Sf)	1884	0,06	9	0,06	0,06	2
HNcv:og-eHn/og-Hn	1884	0,06	9	0,06	0,06	2
HNv:og-Hn/f-Fm/(Sf)	1598	0,05	9	0,06	0,06	2
gBB:p-s(Sp)/p-ls(Lg)	1470	0,05	9	0,06	0,06	2
YK-GG:u-s/f-s(Sf)	890	0,03	11	0,08	0,05	2
YK-GG:oj-s/f-s(Sf)	890	0,03	11	0,08	0,05	2
GG-BB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	1475	0,05	8	0,05	0,05	2
gBB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	1475	0,05	8	0,05	0,05	2
YO-LF:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	1325	0,04	8	0,06	0,05	2
lBB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	1323	0,04	8	0,06	0,05	2
gLF-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	1323	0,04	8	0,06	0,05	2
pRQ:a-s/f-s(Sf)	1657	0,05	6	0,04	0,05	2
HNcv:og-eHn/g-el(Mg)	1675	0,05	6	0,04	0,05	2
HNcv:og-eHn/f-Fmk/(Mg)	1675	0,05	6	0,04	0,05	2
LF-BB:p-s(Sp)/g-els(Mg)	1345	0,04	7	0,05	0,05	2
sLF-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	1345	0,04	7	0,05	0,05	2
pRQ:a-s/p-l(Mg)	960	0,03	9	0,06	0,05	2
GGh:f-s/f-Fm/(Sf)	1252	0,04	7	0,05	0,05	2
GMn:p-ls(Sp)/p-l(Lg)	892	0,03	8	0,06	0,04	2
GG-YK/HN:oj-s(Sp)/og-Hn/(Sf)	807	0,03	8	0,06	0,04	2
OLn:oj-(n)es(Sf,Yb,Yi)///f-s(Sf)	950	0,03	7	0,05	0,04	2
RQn:oj-(n)e(Yi,Yb,Sf)///f-s(Sf)	950	0,03	7	0,05	0,04	2
RZn:oj-(n)es(Sf,Yb,Yi)///f-s(Sf)	950	0,03	7	0,05	0,04	2
GGn:p-ls(Sp)/f-ls(Sf)	1051	0,03	7	0,05	0,04	2
YK/BB:u-s(Sp)///f-s(Sgf)	1158	0,04	6	0,04	0,04	2
gYK:u-s(Sp)///f-s(Sgf)	1158	0,04	6	0,04	0,04	2
BB-YO:oj-(z)s(Yb,Sf,Sp)///f-s(Sf)	1009	0,03	7	0,05	0,04	2
RQn:oj-(z)s(Yb,Sf,Sp)///f-s(Sf)	1009	0,03	7	0,05	0,04	2
OLn:oj-(z)es(Sp,Yi,Yb)///f-s(Sf)	1009	0,03	7	0,05	0,04	2
GMn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	635	0,02	8	0,06	0,04	2
GGh:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	635	0,02	8	0,06	0,04	2
BB-LF:p-s(LoS)/p-s(Sgf)	1404	0,05	3	0,02	0,03	2

Anlagen

FBF	D _{tn} [FBF]	D _% [FBF]	F _{tn} [FBF]	F _% [FBF]	FG _% [FBF]	V [FBF]
pRQ-GG:a-s/f-s(Sf)	1102	0,04	5	0,03	0,03	2
pLF-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	1287	0,04	4	0,03	0,03	2
pBB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	1287	0,04	4	0,03	0,03	2
RZn:oj-els/oj-[(k)]es	1258	0,04	4	0,03	0,03	2
BB-LF:p-ls(Sp)/g-el(Mg)	939	0,03	5	0,04	0,03	2
sBB:p-s(Sp)/g-els(Mg)	897	0,03	5	0,03	0,03	2
SS-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	897	0,03	5	0,03	0,03	2
YKn:oj-ls/f-s(Sgf)	725	0,02	5	0,04	0,03	2
RQn:oj-s/f-s(Sgf)	725	0,02	5	0,04	0,03	2
YOn:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	725	0,02	5	0,04	0,03	2
YO-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	725	0,02	5	0,04	0,03	2
RQn:oj-(s)l	756	0,02	5	0,03	0,03	2
RQn:oj-(k)l	756	0,02	5	0,03	0,03	2
OLn:oj-n(+B,+D)/oj-s	543	0,02	6	0,04	0,03	2
IBB:p-sö(Los)/f-s(Sgf)	1106	0,04	3	0,02	0,03	2
GGc:f-es/q-Mw/(Sf)	859	0,03	4	0,03	0,03	2
RZn:oj-(n)es(Yb,Sgf,Sp)/oj-Yb	346	0,01	6	0,04	0,03	2
OLn:oj-(n)es(Yb,Sgf,Sp)/oj-Yb	346	0,01	6	0,04	0,03	2
GG-BB:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	781	0,03	4	0,03	0,03	2
gBB:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	781	0,03	4	0,03	0,03	2
HNv:og-Hn/p-l(Mg)	781	0,03	4	0,03	0,03	2
GGhc:f-es(Sf)/f-s(Sf)	770	0,03	3	0,02	0,02	2
pRQ:a-s//og-Hn	399	0,01	5	0,03	0,02	2
pGG-BB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	505	0,02	4	0,03	0,02	2
GG-PP:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	505	0,02	4	0,03	0,02	2
AB-GG:fo-ls(Sf)	636	0,02	4	0,03	0,02	2
SS-PP:p-ls(Sp)/f-u(b)	784	0,03	3	0,02	0,02	2
pBB:p-ls(Sp)/g-l(Mg)	784	0,03	3	0,02	0,02	2
pBB:p-ls(Sp)/p-l(Lg)//(Sgf)	784	0,03	3	0,02	0,02	2
RQn:oj-xs	719	0,02	3	0,02	0,02	2
YO:p-s(Sp)/p-l(Mg)	488	0,02	3	0,02	0,02	2
RQ/GG:oj-s(Sp)/f-s(Sf)	368	0,01	4	0,03	0,02	2
RQn:oj-s(Sp)/f-s(Sf)	368	0,01	4	0,03	0,02	2
YK/GG:oj-s(Sp)/f-s(Sf)	368	0,01	4	0,03	0,02	2
RQn:oj-(x)u	504	0,02	3	0,02	0,02	2
RQn:oj-s/f-s	362	0,01	4	0,03	0,02	2
OLn:oj-s/f-s	362	0,01	4	0,03	0,02	2
RZn:oj-(n)es(Sp,Yi,Yb)//p-l(Mg)	514	0,02	3	0,02	0,02	2
OLn:oj-(n)es(Sp,Yi,Yb)//p-l(Mg)	514	0,02	3	0,02	0,02	2
YK/LF:oj-(n)s(Sf,Yb,Sp)/p-l(Mg)	514	0,02	3	0,02	0,02	2
RQn:oj-(n)s(Sf,Yb,Sp)/p-l(Mg)	514	0,02	3	0,02	0,02	2
RQn:oj-s/f-s(Sf)	430	0,01	3	0,02	0,02	2
SS-GG:p-ls(Sp)/f-t(b)	489	0,02	3	0,02	0,02	2
YKn:oj-(n)s(Sgf,Yb,Sp)/oj-Yb	231	0,01	4	0,03	0,02	2
RQn:oj-(n)s(Sgf,Yb,Sp)/oj-Yb	231	0,01	4	0,03	0,02	2
pRQ:a-s//f-s(Sf)	344	0,01	3	0,02	0,02	2
gPP:a-s	344	0,01	3	0,02	0,02	2
YO:oj-(z)s(Yb,Sf,Sp)/p-l(Mg)	469	0,02	3	0,02	0,02	2
YK/LF:oj-(z)s(Yb,Sf,Sp)/p-l(Mg)	469	0,02	3	0,02	0,02	2
SSn:p-s(Sp)/g-l(Mg)	476	0,02	3	0,02	0,02	2
HNcv:og-eHn//f-s	471	0,02	2	0,01	0,02	2
gYK/BB:u-s/f-s(Sf)	222	0,01	3	0,02	0,01	2
GGh:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	390	0,01	2	0,01	0,01	2
GMc:f-es(Sf)/f-s(Sf)	419	0,01	2	0,01	0,01	2
HNcv:og-eHn/q-Mw/	352	0,01	2	0,01	0,01	2

Anlagen

FBF	D _{tn} [FBF]	D _% [FBF]	F _{tn} [FBF]	F _% [FBF]	FG _% [FBF]	V [FBF]
RQn:os-us(Yab)//oj-ls	292	0,01	2	0,01	0,01	2
RZn:os-eus(Yab)	292	0,01	2	0,01	0,01	2
RQn:os-us(Yab)//oj-s	292	0,01	2	0,01	0,01	2
YK-GG/HN:oj-ls/og-Hn//(Sf)	194	0,01	2	0,01	0,01	2
YK-GG/HN:u-ls(Sp)/og-Hn//(Sf)	194	0,01	2	0,01	0,01	2
RQn:oj-(z)es(Sp,Yb)//f-s(Sgf)	230	0,01	2	0,01	0,01	2
GGn:oj-s/f-s(Sf)	202	0,01	2	0,01	0,01	2
RQn:oj-(n)ls(Yü,Yb,Sgf)/oj-Yü	135	0,004	2	0,02	0,01	2
RQn:oj-(z)ls(Yü,Yb,Sgf)/oj-Yü	135	0,004	2	0,02	0,01	2
YKn:oj-(n)s(Yü,Yb,Sgf)/oj-Yü	135	0,004	2	0,02	0,01	2
YKn:oj-(z)ls(Yü,Yb,Sgf)/oj-Yü	135	0,004	2	0,02	0,01	2
GHn:og-Hn\fo-ls(Sf)	250	0,008	2	0,01	0,01	1
YK/LF:oj-s(Sp)/p-l(Lg)	235	0,008	1	0,01	0,01	1
YV:n-Yb	235	0,008	1	0,01	0,01	1
LL-TT:p-ls(Sp)/f-eu(b)	306	0,010	1	0,01	0,01	1
XXn:oj-(n)s(Yü,Yb,Sgf)/oj-Yü	90	0,003	2	0,01	0,01	1
XXn:oj-(z)ls(Yü,Yb,Sgf)/oj-Yü	90	0,003	2	0,01	0,01	1
RZn:oj-eu	126	0,004	1	0,01	0,005	1
RQn:oj-(u)l	126	0,004	1	0,01	0,005	1
OLn:oj-s/p-l(Mg)	91	0,003	1	0,01	0,005	1
RQn:oj-s/p-l(Mg)	91	0,003	1	0,01	0,005	1
YK/BB:oj-s(Sp)//f-s(Sf)	61	0,002	1	0,005	0,003	1
OLn:oj-n(^k)	29	0,001	0,5	0,003	0,002	1

Tabelle 30: klassenbezogene absolute Stichprobenumfänge für die Kategorien HSK und HSG für die Ableitungsziele Schichtdaten (HSK SD, HSG SD) und Analysedaten (HSK AD, HSG AD)

Datendichten	absolut				relativ			
	HSK SD	HSK SD	HSG AD	HSK AD	HSG SD	HSK SD	HSG AD	HSK AD
0	68	118	93	138	18,4	31,9	25,1	37,1
1	17	14	25	22	4,6	3,8	6,8	5,9
2-5	34	36	25	22	9,2	9,7	10,8	10
6-10	30	36	35	47	8,1	9,7	9,5	12,7
11-15	25	26	25	21	6,8	7	6,8	5,7
16-20	20	15	21	13	5,5	4,1	5,7	3,5
>20	181	130	136	97	48,9	35,1	36,8	26,2

Tabelle 31: Gegenüberstellung Nutzungsarten KA4 und Nutzungstypen (eventuell in Anlage verschieben)

Nutzungsarten der KA4, Feld 19 (AG Boden 1996)			Nutzungstypen
Ackerland	A	Ackerland allgemein	L
Grünland	G	Grasland, Grünland allgemein	L
	GE	Weide	L
	GI	Wiese	L
	GM	Mähweide	L
	GS	Streuwiese	L
	GW	Grünland-Wechselwirtschaft	L
	GR	Grünland mit Zusatznutzung Rieselfeld	L
Sonderkultur	S	Sonderkultur allgemein	L
Forst, Wald	F	Wald und Forst allgemein	F
	FB	Blöße, Lichtung, Kahlschlag	F
	FP	Pflanzung, Aufforstung	F
	FS	Verjüngung durch Saat	F
	FV	Naturverjüngung	F
	FN	Niederwald	F
	FH	Hochwald	F
	FM	Mittelwald	F
	FF	Naturwaldparzelle	F
Brachflächen	B	Brachfläche allgemein	L
	BA	Ackerbrache	L
	BG	Graslandbrache	L
	BI	Industriebrache	A
Ödland, Unland	O	Ödland allgemein	L
	OF	Feuchtgebiet	L
	OR	Trockengebiet	L
	OH	Heide	L
	OK	Kusselgelände, Gehölz	F
	OT	Hutung	L
	OU	ungenutztes Moor	L
	OM	zerstochenes Moor	L
	OD	Düne (ohne Bewaldung)	L
Sonstige Nutzungen	N	Sonstige Nutzungen allgemein	A
	NS	Sportanlage, Spielplatz	A
	NO	Golfplatz	L
	NP	Park, Grünanlage	L
	NG	Kleingartenanlage, Hausgarten	L
	NF	Friedhof	A
	NT	Truppenübungsplatz	A
	NA	Wildacker	L

Tabelle 32: Clusterergebnis Strukturtypen, 6 Gruppenlösung

cluster	Anzahl	BLE - NR	Bewertung
1	21	1, 2, 3, 4, 14, 16, 21, 23, 25, 26, 27, 29, 50, 51, 52, 54, 59, 61, 72, 77, 80	viele, durchschnittlich große Flächen mit geringer Heterogenität
2	26	5, 6, 7, 22, 30, 41, 63, 65, 66, 69, 75, 81, 82, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99	kleine Flächen mit hoher Heterogenität
3	7	8, 10, 13, 15, 56, 60, 85	große Flächen mit geringer Heterogenität
4	15	9, 11, 33, 35, 36, 37, 38, 40, 45, 49, 53, 55, 58, 62, 84	mittlere Ausprägung (geringere Heterogenität)
5	27	12, 17, 18, 19, 20, 24, 28, 31, 32, 34, 44, 46, 47, 48, 57, 64, 67, 68, 70, 71, 73, 74, 76, 78, 79, 83, 92	mittlere Ausprägung (kleinere Flächen, weniger Häufig)
6	3	39, 42, 43	sehr große Flächen mit sehr geringer Heterogenität

Anlagen

Tabelle 33: Zuordnung der 6- und der 9-Gruppenlösung zu den Strukturtypen (→Tabelle 3 Textteil)

BLE	6 Cluster	9 Cluster	Strukturtypen	BLE	6 Cluster	9 Cluster	Strukturtypen
1	1	1	a	54	1	6	h
2	1	1	a	61	1	6	h
3	1	1	a	80	1	6	h
4	1	1	a	12	5	5	i
25	1	1	a	17	5	5	i
27	1	1	a	19	5	5	i
29	1	1	a	20	5	5	i
50	1	1	a	24	5	7	i
72	1	1	a	28	5	7	i
35	4	8	a	30	2	2	i
21	1	6	a	34	5	7	i
59	1	6	a	41	2	2	i
77	1	6	a	44	5	5	i
9	4	4	b	63	2	2	i
55	4	4	b	65	2	2	i
62	4	4	b	66	2	2	i
84	4	4	b	67	5	5	i
64	5	5	b	70	5	5	i
6	2	2	c	71	5	5	i
46	5	7	c	73	5	5	i
47	5	7	c	74	5	5	i
96	2	2	c	76	5	5	i
97	2	2	c	78	5	5	i
99	2	2	c	79	5	5	i
18	5	7	c	86	2	2	i
68	5	7	c	92	5	5	i
22	2	2	c	93	2	2	i
31	5	7	c	94	2	2	i
48	5	7	c				
57	5	7	c				
69	2	2	c				
75	2	2	c				
81	2	2	c				
82	2	2	c				
83	5	7	c				
87	2	2	c				
88	2	2	c				
89	2	2	c				
90	2	2	c				
91	2	2	c				
95	2	2	c				
98	2	2	c				
42	6	9	d				
43	6	9	d				
56	3	3	d				
11	4	4	d				
10	3	3	d				
14	1	6	d				
33	4	8	e				
36	4	8	e				
38	4	8	e				
45	4	8	e				
53	4	4	e				
40	4	8	f				
58	4	8	f				
32	5	7	f				
8	3	3	q				
13	3	3	q				
15	3	3	q				
37	4	4	q				
39	6	9	q				
60	3	3	q				
85	3	3	q				
23	1	6	h				
49	4	8	h				
16	1	6	h				
26	1	6	h				
51	1	6	h				
52	1	6	h				

Quell-Tabelle: 3HarmonisierungGD

Feld "Profilnummer": PRONUM
 Feld "Horizontnr.": *
 Feld "Obere Tiefe": OTIEF
 Feld "Untere Tiefe": UTIEF
 Feld "Mächtigkeit": Mächtigkeit

1. Vergleichsfeld: V300
 2. Vergleichsfeld: S300
 3. Vergleichsfeld:
 4. Vergleichsfeld:

zus. Abfragefeld
 zus. Abfragefeld
 zus. Abfragefeld

Abfragekriterien

Von: Bis:

Abfragevorschau:

PRONUM	HORNR	OTIEF	UTIEF	Mächtigkeit	V300	S300
1	1	0	30	30	Ap	p-ls
1	2	30	65	35	Sd-Bt	p-ls
1	3	65	110	45	Sd-elCv	g-els
1	4	110	150	40	ilCv	fg-s
2	1	0	25	25	Ap	fo-t
2	2	25	65	40	aGo	fo-t
2	4	90	140	50	aGo	fo-s
2	5	140	170	30	aGr	fo-s
3	1	0	25	25	Ap	fo-l
3	2	25	60	35	aGo	fo-t
3	3	60	102	42	aGo	fo-t
3	5	120	160	40	aGr	fo-s
4	1	0	25	25	Ap	p-ls
4	2	25	39	14	Go	p-ls
5	1	0	25	25	Ap	p-ls
5	2	25	45	20	Bv	p-ls
5	3	45	90	45	Bv-ilCv	p-ls
5	4	90	120	30	Sd-Bt	p-l
5	6	115	140	20	elCv	g-els
6	1	0	25	25	Ap	fo-l
6	2	25	45	20	Bv	p-ls
6	3	45	90	45	Bv-ilCv	p-ls
6	4	90	120	30	Sd-Bt	p-l
6	5	120	140	20	elCv	g-els
7	1	0	35	35	Ap	fo-l
7	2	35	55	20	aGo	fo-s
7	3	55	110	55	aGo	fo-ls

Abfrageergebnis

Akkumulation starten!

Akkumuliertes Ergebnis:

PRONUM	HORNR	OTIEF	UTIEF	Mächtigkeit	V300	S300
1	1	0	30	30	Ap	p-ls
1	2	30	65	35	Sd-Bt	p-ls
1	3	65	110	45	Sd-elCv	g-els
1	4	110	150	40	ilCv	fg-s
2	1	0	25	25	Ap	fo-t
2	2	25	65	40	aGo	fo-t
2	4	90	140	50	aGo	fo-s
2	5	140	170	30	aGr	fo-s
3	1	0	25	25	Ap	fo-l
3	2	25	60	35	aGo	fo-t
3	3	60	102	42	aGo	fo-t
3	5	120	160	40	aGr	fo-s
4	1	0	25	25	Ap	p-ls
4	2	25	39	14	Go	p-ls
5	1	0	25	25	Ap	p-ls
5	2	25	45	20	Bv	p-ls
5	3	45	90	45	Bv-ilCv	p-ls
5	4	90	120	30	Sd-Bt	p-l
5	6	115	140	20	elCv	g-els
6	1	0	25	25	Ap	fo-l
6	2	25	45	20	Bv	p-ls
6	3	45	90	45	Bv-ilCv	p-ls
6	4	90	120	30	Sd-Bt	p-l
6	5	120	140	20	elCv	g-els
7	1	0	35	35	Ap	fo-l
7	2	35	55	20	aGo	fo-s
7	3	55	110	55	aGo	fo-ls

Generalisierungsergebnis

Abbildung 78: Datenblatt zur Profilgeneralisierung für implementiertes Programm

Modul

- Klassifizierung

Eingangsdaten

Microsoft Access - [(LGRB) FBF-Klassifizierung : Formular]

Unklassifizierte Horizonttabelle: 3HarmonisierungGD_a

Feldfeld: HSK300p

PRONUM	HORNR	BOART	Nutzung	Quelle	
HSK300p	2410038	2	Fmk	GM	1
erFr-Go-ff-F	2410038	3	Fmk	GM	1
Apip-ls	2410056	1	Su2	BA	1
Bvip-ls	2410056	2	Su2	BA	1
Swdip-l	2410056	3	Su4	BA	1
FAhip-s	2410057	5	Ss(mSf)	FM	1
ilCvip-s	2410057	6	Ss(mSf)	FM	1

Horizontbeschriebe:

Beschriebe:

- aGM-fo-s(Sf)
- asGG-fo-l(Lf)/fo-s(Sf)
- BB-GGip-ls(Sp)/f-s(Sf)
- BB-GGip-ls(Sp)/f-s(Sgf)
- BB-GGip-ls(Sp)/f-t(b)
- BB-GGip-ls(Sp)/pas-ls(Sgf)
- BB-GGip-ls(Sp)/f-s(Sf)
- BB-GGip-ls(Sp)/f-s(Sgf)
- BB-GGip-ls(Sp)/pas-ls(Sgf)
- BB-GGip-ls(Sp)/f-s(Sgf)
- BB-LFip-ls(Sp)/g-el(Mg)
- BB-LFip-ls(Sp)/p-l(Mg)
- BB-LFip-ls(Sp)/p-l(Mg)
- BB-LFip-ls(Sp)/fo-ls(La)

AUSFÜHREN

Horizontbeschriebsübereinstimmung

Beschrieb	%	Anteil	ges %	ges Anteil
IBB:p-s(Sp)/f-s(Sgf)	100%	5 / 5	6%	215 / 3305
IBB:p-s(Sp)/pas-ls(Sgf)	100%	4 / 4	3%	105 / 3305
IBB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	100%	4 / 4	3%	109 / 3305
IBB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	100%	4 / 4	3%	109 / 3305
IBB:p-s(Los)/f-s(Sgf)	80%	4 / 5	3%	116 / 3305
LF-BB:p-ls(Sp)/f-s(Sgf)	100%	5 / 5	9%	313 / 3305
LF-BB:p-ls(Sp)/g-el(Mg)	100%	5 / 5	9%	313 / 3305
LF-BB:p-ls(Sp)/p-l(Mg)	100%			
LF-BB:p-ls(Sp)/p-ls(Lg)	100%			
LF-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	100%			
LF-BB:p-s(Sp)/p-l(Lg)	100%			
LF-BB:p-s(Sp)/p-l(Mg)	100%			

Ergebnis speichern

Anteil	Gefunden	Anzahl
Apip-ls	Ja	118
Ael-Bv:p-ls	Ja	19
Aelip-ls	Ja	47
Btip-l	Ja	55

Verknüpfungserfolg

Abbildung 79: Modul Verknüpfung Eingangsdaten - Zieldaten

Abbildung 80: Modul Statistik

Flächenbodenformenarchiv BÜK 300

parametrisierte Bodenform (forstlicher Nutzungsbezug):

pRQ:a-s

Deckungs- grad (h _a)	Frequenz	rel. Deckungs- grad (%)	rel. Frequenz (%)	rel. Flächen- gewicht (%)	Verbreitungs- grad
27970	224	0,92	1,57	1,24	4

Bezug zur Blattlegeneinheit (BÜK 300)					
Leg_nr	Deckungs- grad (h _a)	Frequenz	rel. Deckungsgrad	rel. Frequenz (%)	rel. Flächen- gewicht (%)
1	18415	127	0,61	0,90	0,76
3	7233	78	0,24	0,55	0,40
6	944	9	0,03	0,06	0,05
7	393	5	0,01	0,03	0,02
12	543	2	0,02	0,02	0,02

Hor	HSK	Tiefen + Mächtigkeiten [cm]								pH - Werte / Kalk [M.-%]												
		Tiefe		P25	P75	n	V	verbal	Mächt	P25	P75	n	V	verbal	Kalk							
1	L+Of	-8	-7	-3	303			m	0	-1	0	303	0,59	n	3,6	s5	3,2	3,9	32	0,14	h	c0
2	Oh	-3	-4	-1	198			m	2	1	4	198	0,74	n	3	s6	2,8	3,2	69	0,10	h	c0
3	Aeh.a-s(Sa)	10	3	14	162	0,89		n	5	3	10	161	0,59	n	3,4	s5	3,3	3,7	39	0,07	h	c0
4	ilCv.a-s(Sa)	200	60	190	215	0,82		n	50	24	95	215	0,89	n	4,3	s4	4,2	4,5	47	0,05	h	c0

Hor	HSK	Körnung (M.-%)																			
		BA	S	P25	P75	n	V	verbal	U	P25	P75	n	V	verbal	T	P25	P75	n	V	verbal	GB
1	L+Of		0						0						0						0
2	Oh																				
3	Aeh:a-s(Sa)	Ss	92	85	92	21	0,05	h	4	3	9	21	0,37	m	4	5	7	21	0,59	n	
4	ilCv:a-s(Sa)	Ss	98	96	100	30	0,03	h	1	0	2	30	1,48	e	1	0	1	30		n	

Abbildung 81: Beispieldatenblatt einer parametrisierten Flächenbodenform (Teil 1)

Abbildung 82: Beispelsdatenblatt einer parametrisierten Flächenbodenform (Teil